



**République Algérienne Démocratique et populaire**

**Ministère de l'Enseignement supérieure et de la**

**Recherche scientifique**



---

**UNIVERSITE D'EL-OUED**

**FACULTE DES SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**Mémoire de fin d'étude**

Présenté pour L'obtention du diplôme de

**LICENCE ACADEMIQUE**

Domaine : science et technologie

Spécialité : génie mécanique

Option : Électromécanique Industrielle

**Thème**

**ETUDE ET APPLICATION DES A.P.I  
(AUTOMATE PROGRAMMABLE  
INDUSTRIEL DANS LES PROCESSUS  
INDUSTRIELS)**

Devant le jury composé de :

● Dr MENECEUR Redha

Présenté par :

**BENHAOUA Bachir**

**AOUN Oussama**

**CHERFI Abdenmour**

**2012/2013**

# ***Table des matières***

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction générale.....</b>                              | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre 1. Technologie des automatismes .....</b>          | <b>2</b>  |
| 1. Introduction.....                                           | 3         |
| 2. Structure générale d'un automate.....                       | 3         |
| 3. Structure d'un système automatisé.....                      | 4         |
| 3.1. Acquisition des données.....                              | 5         |
| 3.2. Traitement des données.....                               | 5         |
| 3.3. Commande de puissance (pré actionneur) .....              | 6         |
| 3.4. Dialogue homme machine.....                               | 6         |
| 3.5. Protection du système.....                                | 7         |
| 3.6. Les actionneurs.....                                      | 7         |
| 3.7. Alimentation en énergie.....                              | 8         |
| 4. Connaissance de matériel.....                               | 9         |
| 4.1. La commande de puissance.....                             | 9         |
| 4.1.1. Le contacteur.....                                      | 10        |
| 4.2. L'acquisition des données.....                            | 13        |
| 4.2.1. Les capteurs TOR (tout ou rien).....                    | 13        |
| 4.2.2. Les capteurs «Intelligents».....                        | 15        |
| 4.3. Le traitement des données.....                            | 20        |
| 5. Conclusion.....                                             | 21        |
| <b>Chapitre 2. Les automates programmables industriel.....</b> | <b>22</b> |
| 1. Introduction.....                                           | 23        |
| 2. Définition et caractéristique.....                          | 23        |
| 3. L'architecture d'un automate programmable.....              | 23        |
| 3.1 L'unité centrale.....                                      | 25        |
| 3.1.1. Processeur.....                                         | 25        |
| 3.1.2. La mémoire centrale.....                                | 25        |
| 3.2. Les entrées-sorties.....                                  | 25        |
| 4. L'environnement .....                                       | 25        |
| 5. Le logiciel des A.P.I. ....                                 | 27        |
| 5.1. Analyse fonctionnelle du logiciel de A.P.I.....           | 27        |
| 5.1.1. Le logiciel d'exploitation.....                         | 27        |
| 5.1.2. Le logiciel de production e programme.....              | 28        |
| 5.2. Les formes des langages des A.P.I.....                    | 28        |
| 5.2.1. Les langages graphiques.....                            | 28        |
| 5.2.2. Les langages littéraux.....                             | 31        |
| 5.3.2. Extension des langages aux besoins de A.P.I.....        | 32        |
| 5.3. Le langage de base de A.P.I.....                          | 32        |
| 5.4. Extension du langage de base.....                         | 33        |
| 5.5. Le langage séquentiel de A.P.I.....                       | 33        |
| 6. Conclusion.....                                             | 33        |

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Chapitre 3. Démarrage des moteurs asynchrone triphasés.....</b> | <b>34</b> |
| 1. Introduction.....                                               | 35        |
| 2. Historique.....                                                 | 35        |
| 3. Moteurs asynchrone triphasé à cage.....                         | 36        |
| 3.1. Fonctionnement.....                                           | 37        |
| 3.2. Démarrage des Moteurs asynchrone triphasé à cage.....         | 38        |
| 3.2.1. Caractéristique de différent mode de démarrage.....         | 38        |
| a. Démarrage direct.....                                           | 38        |
| b. Démarrage étoile triangle.....                                  | 39        |
| c. Démarrage statorique à résistance.....                          | 40        |
| d. Démarrage par autotransformateur.....                           | 40        |
| 4. Moteurs asynchrone triphasé à rotor bobiné.....                 | 42        |
| 4.1. Démarrage des Moteurs asynchrone triphasé à rotor bobiné..... | 43        |
| 4.1.1. Démarrage rotorique.....                                    | 43        |
| 5. Conclusion.....                                                 | 43        |
| <b>Chapitre 4. Exemple pratique.....</b>                           | <b>44</b> |
| 1. Introduction.....                                               | 45        |
| 2. Exemple pratique 1.....                                         | 45        |
| 2.1. Circuit de puissance.....                                     | 45        |
| 2.2. Circuit de commande.....                                      | 46        |
| 2.3. Principe de fonctionnement.....                               | 46        |
| 2.4. Liste des entrées/sorties.....                                | 47        |
| 2.5. Schéma à relais.....                                          | 48        |
| 3. Exemple pratique 2.....                                         | 49        |
| 3.1. Circuit de puissance.....                                     | 49        |
| 3.2. Circuit de commande.....                                      | 50        |
| 3.3. Principe de fonctionnement.....                               | 50        |
| 3.4. Liste des entrées/sorties.....                                | 51        |
| 3.5. Schéma à relais.....                                          | 52        |
| 4. Exemple pratique 3.....                                         | 53        |
| 4.1. Circuit de puissance.....                                     | 53        |
| 4.2. Circuit de commande.....                                      | 54        |
| 4.3. Principe de fonctionnement.....                               | 54        |
| 4.4. Liste des entrées/sorties.....                                | 55        |
| 4.5. Schéma à relais.....                                          | 56        |
| 5. Chargement de programme.....                                    | 57        |
| 6. Conclusion.....                                                 | 58        |
| <b>Conclusion générale.....</b>                                    | <b>59</b> |
| Annexe.....                                                        | 60        |
| Bibliographie.....                                                 | 62        |

# ***Remerciements***

Nous rendons nos profondes gratitude à dieu qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude à *nos parents* pour leurs encouragements, leur soutien et pour les sacrifices qu'ils ont enduré.

Nous exprimons nos profondes reconnaissances pour notre encadreur *Mr S.BELKHIRI* pour nous avoir proposer le thème de ce travail et pour ses encouragements, son aide et son soutien.

Nous remercions tous ceux qui ont participé de loin ou de près pour réaliser ce travail.

## ***Introduction générale***

La compétition économique que nous conéssons impose à l'industrie de produire en qualité en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel, en termes d'objectifs il agit :

- de produire à qualité constante,
- de fournir des quantité constante,
- d'accroître la productivité et la flexibilité de l'outil

Autrement dit, il est important de tenir un marché, mes aussi de pouvoir en suivre l'évolution : diminution des coût, complexité technologique croissante.

A ce critère, il convient d'ajouter l'amélioration des conditions de travail, qui s'impose progressivement comme un objet essentiel.

Les méthodes de fabrication actuelles subissent des mutations importantes et font de plus en plus appel à l'automatisation. Cette évolution est caractérisée par un développement spectaculaire des systèmes programmés. Parmi les solutions programmées on trouve les A.P.I (automate programmable industriel) qui présentent une structure permettant une maintenance rapide de son fonctionnement et de son environnement, la grande importance de ces machines électronique (A.P.I) dans le domaine industriel nous à amené à consacrer notre mémoire une étude complète avec un exemple pratique pour mettre en évidence leurs performances.

Ainsi, après avoir consacré le premier chapitre pour la connaissance du matériel environnant les automates programmables, nous avons étudié, dans le second chapitre l'automate programmable industriel (A.P.I) de manière à ce qu'aucune équivoque quand à son application ne puisse apparaître, surtout vis-à-vis des micro-ordinateurs personnels, puis nous avons étudié dans le troisième chapitre les divers démarrages des moteurs asynchrones triphasés. Le dernier chapitre est consacré à des applications pratiques à partir des moyens disponibles.

# ***CHAPITRE I***

## ***TECHNOLOGIE DES AUTOMATISMES***

## 1- Introduction:

Chaque fois qu'une machine ou un système fonctionne seul, nous disons Qu'il y a automatisme s'il réalise des actions normalement assurées par L'homme, donc les automatismes sont réalisés en vue d'apporter des solutions à des problèmes de nature technique économique ou humaine :

- Eliminer les taches dangereuses et pénibles, en faisant exécuter par la machine les taches humaines complexes ou indésirables.
- Améliorer la productivité en asservissant la machine à des critères de production, de rendement ou de qualité.
- Piloter une production variable, en facilitant à l'homme le passage d'une production à une autre.
- Renforcer la sécurité, en surveillant et contrôlant les installations et les machines.

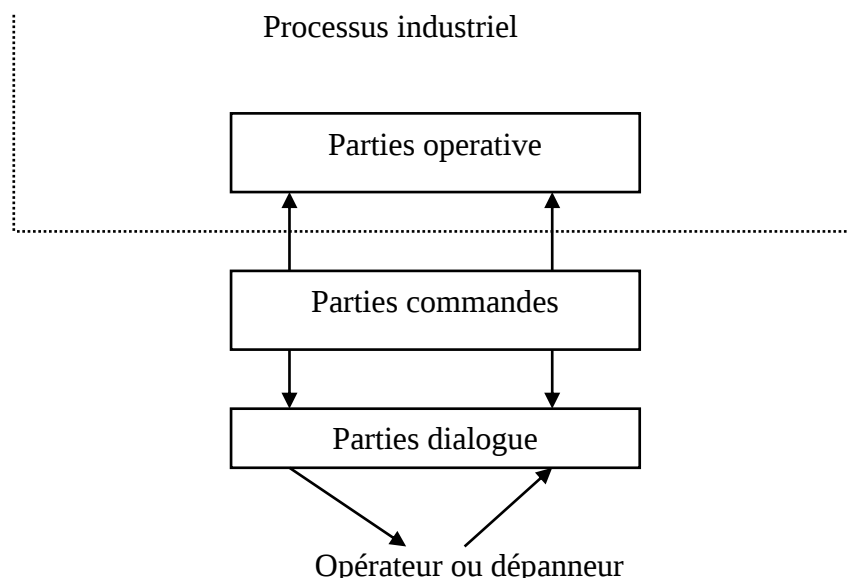
Ce premier chapitre est consacré à l'étude de technologie des automatismes, la première partie étant réservée pour comprendre la structure d'un système automatisé et sont fonctions de base, puis on donne les informations essentielles de la plupart des composants constituant un système automatisé.

## 2- Structure générale d'un automatisme: [6]

Chaque processus industriel de fabrication ou de transformation se compose d'un ensemble de machines destinées à réaliser la fabrication ou la transformation considère. Chaque machine ou partie opérative comprend un ensemble de moteurs, Vérins, Vannes et autres dispositifs qui lui permet de fonctionner. Ces moteurs, Vérins, Vannes et autres dispositifs s'appellent actionneurs. Ils sont Pilotés par un automate ou partie commande. Cette partie commande élabore les ordres transmis aux actionneurs à partir des informations fournies par la machine au moyen d'interrupteurs de position, thermostats, monostats et autres dispositifs appelés capteurs.

La partie commande reçoit également des informations transmises par un opérateur en fonctionnement normal, ou un dépanneur en cas de réglage ou de mauvais fonctionnement de la partie commande ou de la partie opérative. Entre la partie commande et l'homme se trouve la partie dialogue qui permet à ce dernier de transmettre des informations au moyen de dispositifs adaptés (boutons poussoirs, commutateurs, etc....).

De même, la partie commande retourne vers l'homme des informations sous des formes compréhensibles par lui (voyants, afficheurs, cadrans, etc....). Ainsi, entre l'homme et la partie opérative s'instaure un dialogue homme-machine.

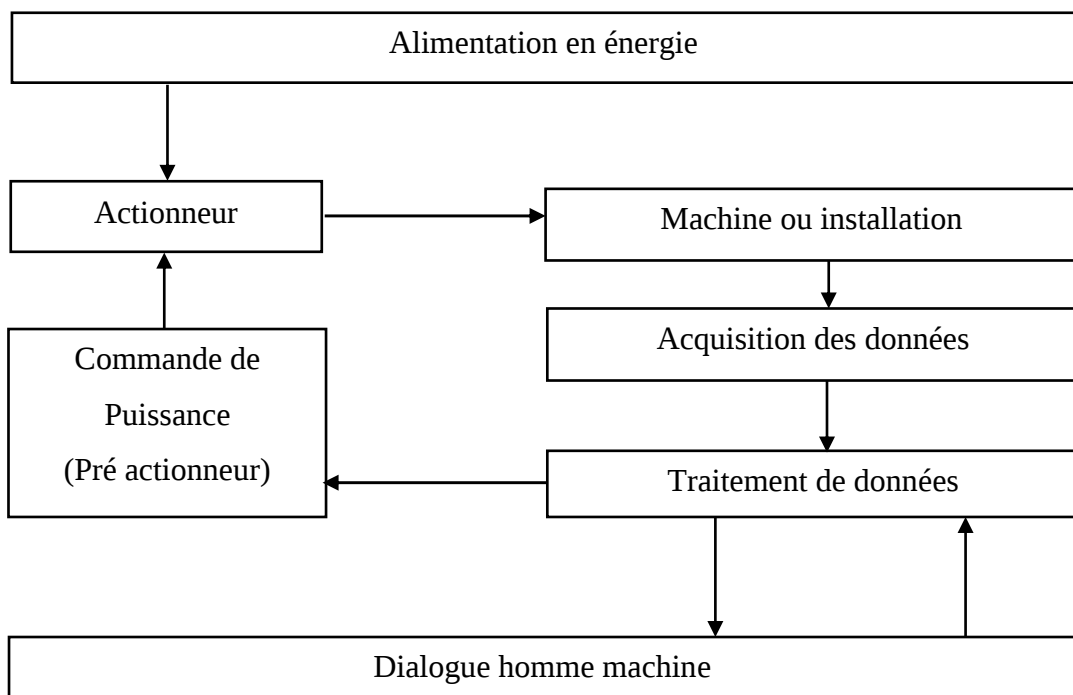


**Fig.1 Structure générale d'un automatisme**

**3- Structures d'un système automatisé: [4]**

On distingue, dans tout système automatisé, la machine ou l'installation (partie de puissance) et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme. Cette dernière partie est, assurée par des constituants répondant schématiquement à cinq fonctions de base :

1. L'acquisition des données.
2. Traitement de données.
3. Commande de puissance (près actionneur).
4. Le dialogue homme machine.
5. La protection du système.

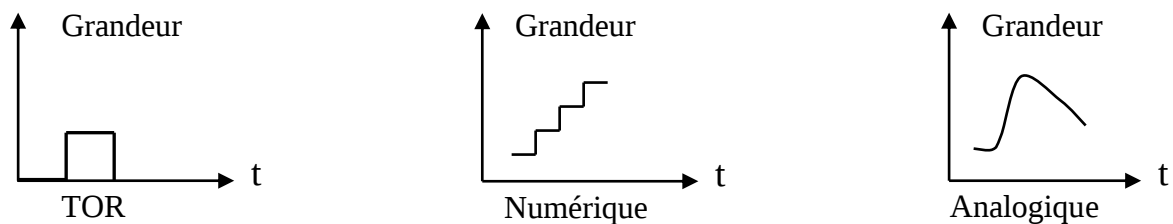


**Fig.2 Structure d'un système automatisé**

### 3-1- Acquisition des données: [3.4]

L'automatisation d'une machine ou d'une installation nécessite la prise en le compte permanente des informations de commande, de position, de température, de vitesse.....  
Ces informations sont transmises à la partie commande de la machine sous forme de messages codés et peuvent être de nature:

- **Binaire:** l'information est transmise en tout ou rien (TOR), il est utilisé dans les automatismes simples.
- **Numérique:** l'information est transmise sous la forme d'un code binaire par un mot de plusieurs bits.
- **Analogique:** l'information est transmise sous forme de tension (ou courant) proportionnelle à la grandeur mesurée, et évolue entre deux valeurs limites (ex: 0-20 mA).



**Fig. 3**

Ces informations sont transmises à la partie commande de la machine à l'aide des capteurs ou des détecteurs qui informent l'unité de traitement de l'état du système (variables d'entrées). Le choix de ces appareils est fonction de la condition d'utilisation :

- Interrupteurs de position actionnés directement par la mécanique ;
- Interrupteurs à flotteur pour contrôler un niveau ;
- Sélecteurs de position pour suivre de déplacement d'un mobile ;
- Manostats pour déceler la présence ou réguler une pression ;
- Détecteurs de proximité inductifs ou capacitifs statiques lorsque la détection doit s'effectuer sans toucher au mobile à contrôler, ou lorsque les cadences sont trop élevées, ou dans des ambiances particulières ;
- Cellules photo électriques pour détecter à des distances plus importantes ;
- Détecteurs de vitesse pour contrôler des vitesses de déplacement ou de rotation.

### 3-2- Traitement des données: [4]

L'ensemble des informations saisies par les capteurs est transmis à l'unité de traitement qui élabore les ordres d'actions, selon une procédure bien définie. En fonction de la nature de l'automatisme, le cycle de fonctionnement peut être soit *combinatoire*, soit *séquentiel*.

- **Cycle combinatoire:** le cycle de fonctionnement est réalisé uniquement par la combinaison de valeur primaire. La commande des sorties est directement liée aux informations présentes à un instant donné. Les actions antérieures ne sont pas mémorisées.
- **Cycle séquentiel:** le cycle de fonctionnement est défini en tenant compte des variables et secondaires. La commande des sorties est liée non seulement aux informations présentes, mais également aux actions passées. Ce cycle comporte obligatoirement des mémoires.

Suivant l'importance et la complexité de l'automatisme, le traitement des données est effectué par l'intermédiaire de relais d'automatisme, de contacteurs auxiliaires, de cellules logiques et de séquenceurs, de micro-systèmes ou à l'aide d'un automate programmable (chapitre 2).

### 3-3- Commande de puissance (pré actionneur): [4]

Ils servent à mettre en service ou hors service un actionneur, une machine ou une installation. Ils permettent d'assurer, en toute sécurité, la bonne marche d'un équipement.

Les signaux disponibles à la sortie de l'unité de traitement (variable de sortie) sont appliqués aux circuit de commande d'organes amplificateurs (bobine de relais, de contacteurs, distributeurs. etc.....), dont le circuit puissance alimente les actionneurs (moteurs, vérins, etc.....). Ces amplificateurs sont choisis en fonction de technologie retenue, de la puissance des actionneurs et de leurs conditions de fonctionnement.

Les principaux amplificateurs (ou actionneurs) sont :

- **Appareils de sectionnements :** ils permettent l'isolation ou la mise sous énergie d'un système, ils sont toujours à commande manuelle et interviennent sur un circuit à vide (c'est-à-dire aucun actionneur alimente par ce circuit ne fonctionne), exp: sectionneur.
- **Appareil de commutation :** il permettent de mettre un actionneur sous ou hors énergie, ils peuvent être à commande manuelle ou à commande automatique et interviennent sur un circuit à vide ou en charge (c'est-à-dire lorsqu'un ou plusieurs actionneurs, alimentés par ce circuit, fonctionnent), exp: contacteur, démarreurs, variateurs de vitesse, etc.....

### 3-4- Dialogue homme-machine: [4]

Le dialogue homme-machine est le complément indispensable de tout l'automatisme, il permet à l'opérateur d'intervenir au moment de démarrage ou en cours de cycle, de procéder à un arrêt d'urgence et par l'intermédiaire du système de signalisation, de contrôler en permanence le déroulement des opérations.

Cette fonction de dialogue est assurée par tous les auxiliaires de commande à intervention humaine (boutons, boîtes à boutons, commutateurs) ainsi que par des voyants de signalisation et pour les installations plus complexes, par des pupitres de Commande, des tableaux synoptiques, des boutons touches et claviers, des micro terminaux, etc....

### 3-5- *Protection du système:* [4]

Les appareils de protection assurent le bon fonctionnement d'une installation ou d'une machine et la sécurité des personnes contre tout dysfonctionnement d'origine:

- **Electrique:** surintensité (surcharge et court-circuit), surtension.
- **Pneumatique:** surpression
- **Hydraulique:** surpression

Les différents types de protection et les produits correspondants utilisés dans les équipements automatiques à contacteur sont les suivants:

- **Protection contre les surcharges importantes:** relais électromagnétiques.
- **Protection contre les courts-circuits:** fusibles.
- **Protection contre la marche en monophasé:** relais thermiques différentiels, sectionneurs équipés d'un dispositif adéquat et munis de fusibles à percuteur.
- **Protection à manque de tension:** contacteur avec auto alimentation, relais de mesure.
- **Protection à maximum d'intensité:** relais de mesure.
- **Protection à minimum d'intensité:** relais de mesure.
- **Protection contre des démarrages trop longs ou trop fréquents:** contrôle de la durée d'une opération, relais temporisateurs thermiques.

### 3-6- *Les actionneurs:* [1]

Ce sont des organes destinés à remplacer l'énergie humaine par une énergie électrique, pneumatique ou hydraulique, ils permettent d'obtenir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de la machine à partir de l'énergie disponible dans l'équipement.

Les principales caractéristiques des actionneurs sont :

- Moteur (électrique, pneumatique ou hydraulique) :
  - couple.
  - fréquence de rotation
- Vérin (pneumatique ou hydraulique) :
  - longueur de déplacement (course).
  - vitesse de déplacement de la tige.
  - effort possible dans les deux sens ou un seul sens.
- Résistance :
  - puissance.
  - température de fonctionnement.

**3-7- Alimentation en énergie:** [2,3]

Différentes sources d'alimentation en énergie peuvent être utilisées dans les machines automatisées ou non automatisées, en fonction :

- de la puissance nécessaire ;
- du coût de revient ;
- du lieu d'exploitation ;
- de l'importance de l'automatisation.

Ces différentes énergies, qui peuvent être produites par des générateurs sur place ou extérieurement à l'installation, sont principalement :

- **Pneumatique:** produite par un compresseur entraîné par un moteur, c'est pour alimenter les machines fonctionnant avec un automatisme simple.
- **Hydraulique:** produite par une pompe entraînée par un moteur, c'est lorsque la puissance mise en jeu par les actionneurs est importante.
- **Electrique.**

On peut trouver, dans une même machine automatisée, une source d'énergie (électricité), deux sources d'énergie associées (électricité et hydraulique, ou électricité et pneumatique), ou les trois sources d'énergie.

**4- Connaissance du matériel: [3,4]**

Pour comprendre un système, ses fonctions et ses dysfonctionnements, il est important de bien connaître chacun de ses composants, son mode de fonctionnement, ses caractéristiques, son domaine d'emploi, ses dangers,.....

Dans ce qui suit on donne les informations essentielles de la plupart des composants constituant un système automatisé de production. On renseigne sur ses principales caractéristiques et fonctions pour faciliter les opérations de maintenance.

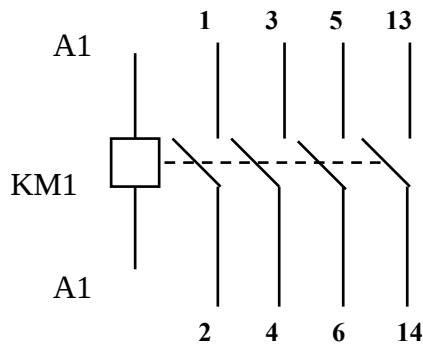
On distingue, dans tout système automatisé, la machine ou l'installation, et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme. Cette partie commande est assurée par des constituants répondant schématiquement à cinq fonctions de base:

- L'acquisition des données.
- Le traitement des données.
- La commande de puissance.
- Le dialogue homme machine.
- Et la protection des récepteurs et des équipements.

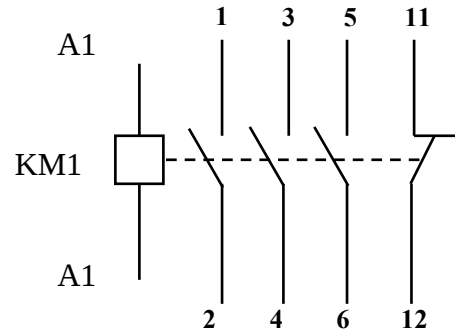
**4-1- La commande de puissance: [4]**

L'énergie électrique, mise à la disposition des industriels ou des particuliers par l'intermédiaire d'un réseau de distribution, ne peut être connectée en permanence sur l'ensemble des récepteurs. Il est donc nécessaire d'employer des systèmes de commande de puissance permettant le transfert ou l'interruption de l'énergie électrique en provenance du réseau, vers le ou les récepteurs.

Ce sont les interrupteurs, disjoncteurs, variateurs électroniques et surtout les contacteurs qui assurent cette fonction appelée « commande de puissance ».

**4-1-1- Le contacteur: [2]**

Contacteur 3 pôles  
+ 1 « F »



Contacteur 3 pôles  
+ 1 « O »

« O » Contact à ouverture (normalement fermé).  
« F » Contact à fermeture (normalement ouvert).

**Fig. 4 Représentation graphique**

**a) Définition : [4]**

Le contacteur est un appareil mécanique de jonction commandé par un électro-aimant, il fonctionne par (tout ou rien). Lorsque la bobine de l'électro-aimant (KM1) est alimentée, le contacteur se ferme, établissant, par l'intermédiaire des pôles (1-2, 3-4, 5-6, 13-14, ou 11-12), le circuit entre le réseau d'alimentation et récepteur.

La partie mobile des pôles se déplace :

- soit par rotation, en pivotant sur un axe.
- soit par translation, en glissant parallèlement aux parties fixes.
- soit par un mouvement conjugué des deux.

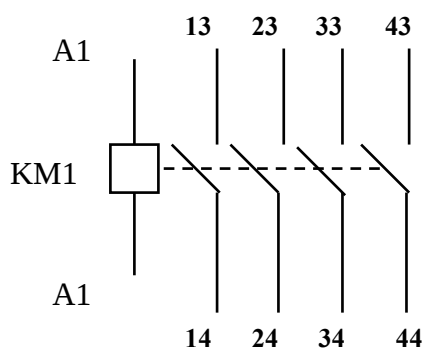
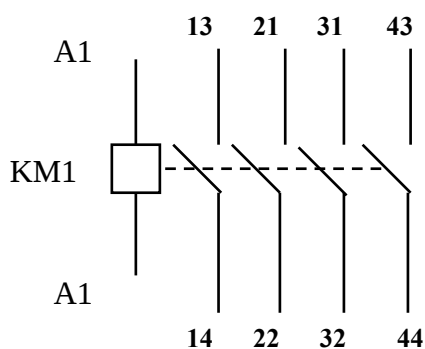
Dès que la bobine est privée tension, le circuit magnétique se démagnétise et le contacteur s'ouvre sous l'effet :

- des ressorts de pression des pôles.
- du ressort de rappel de l'armature mobile.
- pour certains appareils, de la gravité (l'équipage mobile tendant naturellement à reprendre sa position d'origine).

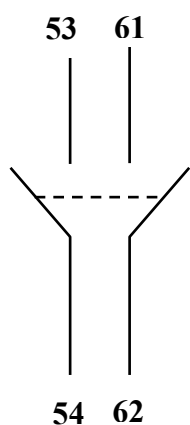
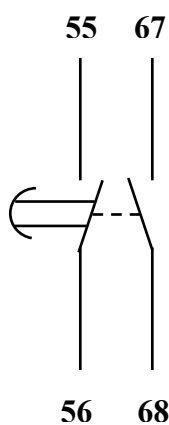
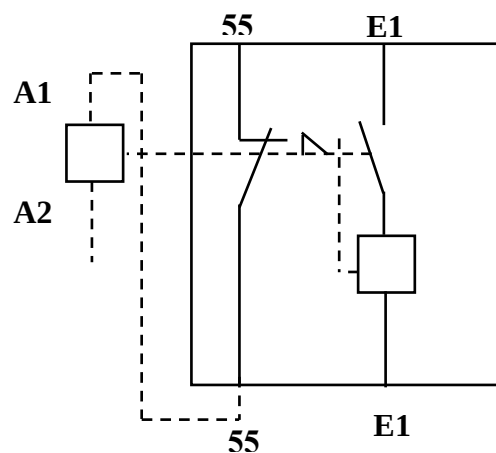
**b) Dispositifs auxiliaires: [4,2]**

Les contacteurs peuvent recevoir des blocs de contacts auxiliaires instantanés, des blocs de contacts temporisés, des blocs d'accrochage mécanique, etc... Ils peuvent aussi être accompagnés par des contacteurs auxiliaires.

Ces dispositifs auxiliaires assurent l'auto-alimentation, les asservissements, les verrouillages des contacteurs ainsi que la signalisation dans les équipements d'automatisme.



Contacteurs auxiliaires

Bloc de contact  
instantanéBloc de contact  
temporiséBloc d'accrochage  
mécanique  
Instantané**Fig. 5 Représentation graphique**

**c) Choix d'un contacteur: [4]**

Le choix d'un contacteur est fonction :

- de la nature et de la tension du réseau,
- de la puissance installée,
- des caractéristiques de charge,
- des exigences du service désire.

Ce qui implique, au niveau du contacteur, la connaissance de différents critères tels que :

- tension nominale d'emploi,
- courant nominale d'emploi,
- courant thermique,
- nature et caractéristiques propres au circuit de puissance (catégorie d'emploi),
- parfois, l'environnement, la température, l'altitude doivent être pris en considération.

***Tension nominale d'emploi ( $U_e$ ):***

Une tension nominale d'emploi d'un contacteur est une valeur de tension qui, combinée avec un courant nominale d'emploi, détermine l'emploi du contacteur et à laquelle se rapportent les pouvoirs de fermeture et de coupure, le type de service et la catégorie d'emploi. Pour les circuits triphasés, elle s'exprime par la tension entre phases.

***Courant nominal d'emploi ( $I_e$ ):***

Il est défini suivant la tension nominale d'emploi, la catégorie d'emploi et la température de l'air au voisinage de l'appareil.

***Courant nominal thermique ( $I_{th}$ ) :***

C'est le courant qu'un contacteur en position fermeture peut supporter pendant au moins 8h sans que son échauffement ne dépasse les limites prescrites par les normes.

***Catégorie d'emploi :*** (voir annexe)

Elle est définie pour l'utilisation normale d'un contacteur, les conditions d'établissement et de coupure de courant, en fonction du courant nominal d'emploi et la tension nominale d'emploi  $U_e$ .

Elle dépend :

- de la nature du récepteur contrôlé.
- des conditions dans lesquelles s'effectuent les fermetures et les ouvertures.

**Altitude :**

L'affaiblissement de la densité de l'air avec l'altitude agit sur la tension disruptive de l'air, donc sur la tension d'emploi du contacteur, ainsi que sur son pouvoir réfrigérant, donc sur le courant d'emploi du contacteur.

**4-2- L'acquisition des données: [4,3]**

L'acquisition des données consiste à prendre en compte les phénomènes extérieurs (Physiques, électriques, électroniques) auxquels est asservi un équipement d'automatisme. Cette fonction est assurée par des capteurs sous plusieurs types :

**4-2-1- Les capteurs TOR (tout ou rien): [3]**

Un capteur TOR transforme une grandeur physique en une information logique 1 ou 0.

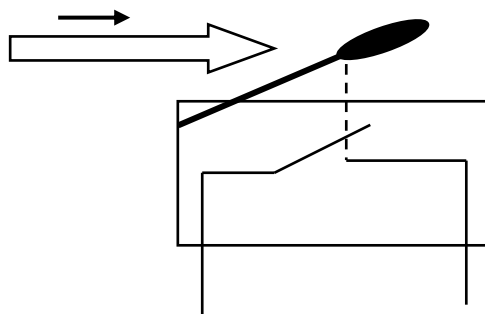


Il est composé d'un organe de commande et d'un contact à ouverture ou à fermeture, pour un capteur sans contact, il est du type PNP (signal à 0 au repos) ou NPN (signal à 1 au repos).

Les capteurs sont classés en fonction de la distance pièce-capteur (c à d la distance entre le capteur et la pièce à détecter).

**a) Les capteurs à commande électromécanique: [3]**

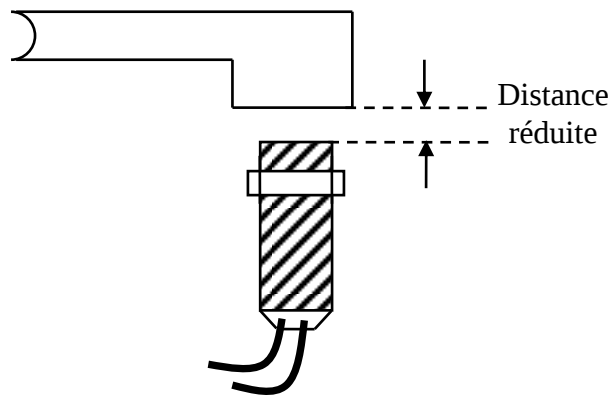
La commande se fait par un déplacement d'un mobile (contact direct)



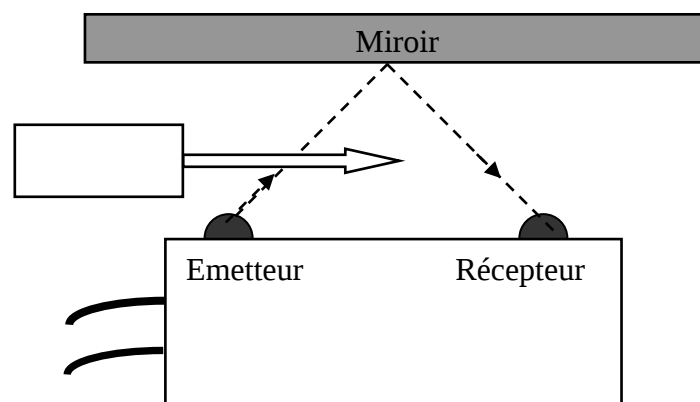
**Fig.6**

**b) Les capteurs à commande de proximité: [3]**

La commande dans ce cas se fait par un déplacement d'un mobile sans contact direct avec ce dernier et l'organe de commande, et pour des distances réduites.

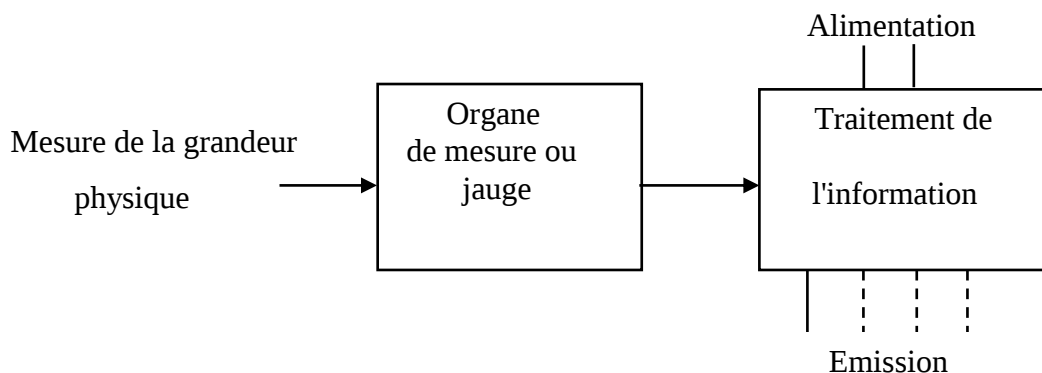
**Fig. 7****c) Les capteurs à commande à distances: [3]**

Un rayon lumineux rouge ou infrarouge, émis par une source (émetteur), est capté par une cellule photoélectrique (récepteur), le rayon est réfléchi par miroir. La commande se fait par tout objet interrompant le rayon lumineux, la portée peut atteindre plusieurs mètres.

**Fig. 8**

**d) Les autres capteurs: [3]**

Les pressions, les dépressions, les poids, des températures, les fluides caractéristiques sont en contact direct avec la commande qui contrôle un seuil de transformation (déformation élastique, résistance électrique, variation d'un diélectrique...).

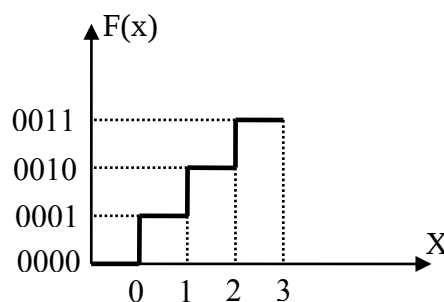
**4-2-2- Les capteurs « INTELLIGENTS »: [3]**

Les capteurs « intelligents » émettent un signal proportionnel à la grandeur physique mesurée. Ils sont analogiques ou numériques.

Exemple :

- **Capteur « intelligents » numérique :**

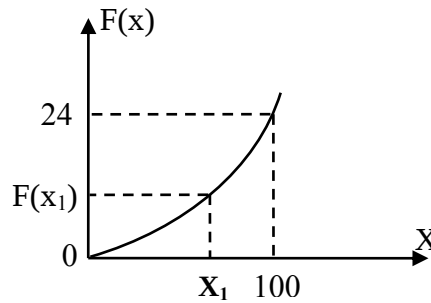
C'est une mesure non continue d'une variation continue. L'émission est une impulsion ou un mot binaire. Toutes les valeurs de  $x$  entre 1 et 2 sont représentées par la même valeur numérique 0010.

**Fig.9**

- **Capteur « intelligents » analogique :**

C'est une mesure continue d'une variation continue. L'émission est une grandeur électrique continue (tension, fréquence...).

Une valeur précise de  $f(x)$  (exp.  $f(x_1)$ ) correspond une valeur donnée de  $x$  ( $x_1$ ).



**Fig.10**

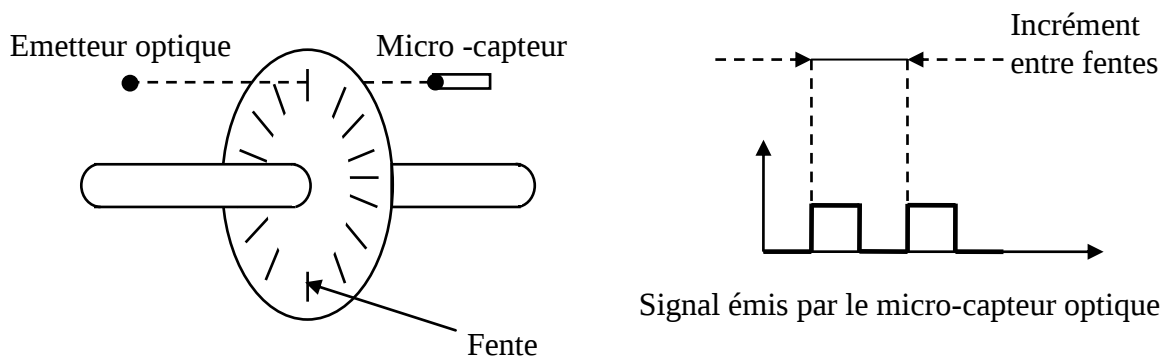
**a) Les capteurs de position: [3]**

Les capteurs de position sont rotatifs ou linéaires. Le signal est émis sous forme d'impulsions (incrémental) ou il est propre à chaque position (absolu).

- **Les capteurs rotatifs incrémentaux:**

**Principe :** Un disque possède  $n$  fentes. En tournant, il coupe un faisceau lumineux. A chaque impulsion du signal émis par le micro-capteur, le disque tourne d'un incrément de  $1/n$  tour. Il suffit de compter le nombre de  $1/n$  tour pour obtenir la rotation souhaitée.

**Remarque :** le nombre de fentes s'appelle la résolution, il peut atteindre jusqu'à 1000 fentes.



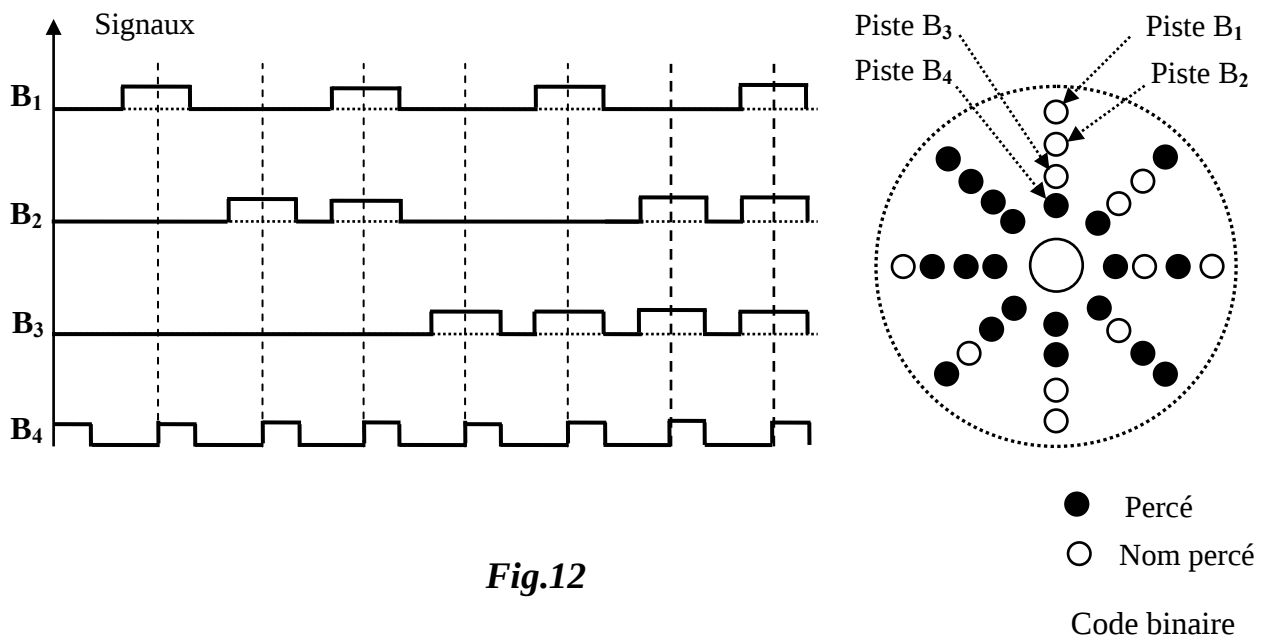
**Fig.11**

- **Les capteurs rotatifs absolus :**

Les codeurs rotatifs absolus se trouvent sous plusieurs types: codeur binaire, codeur binaire réfléchi,.., par exemple pour le codeur binaire (fig.12), un code binaire indique une position particulière du disque sur 360°.

Une piste (B4) est utilisée pour la détermination de la position de la lecture (TOP de lecture).

Les résolutions classiques sont :  $2^n = 16, 64, 128, 256, \dots, 8192$ .



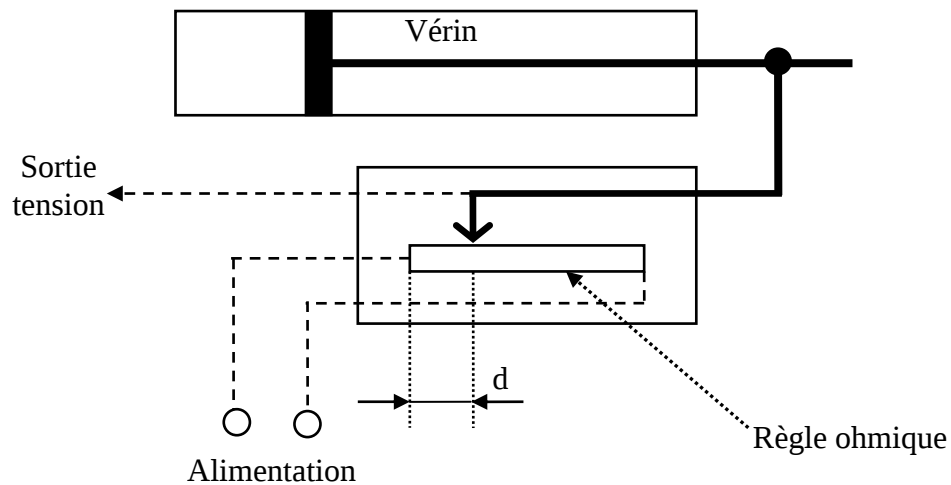
**Fig.12**

- **Les capteurs linéaires :**

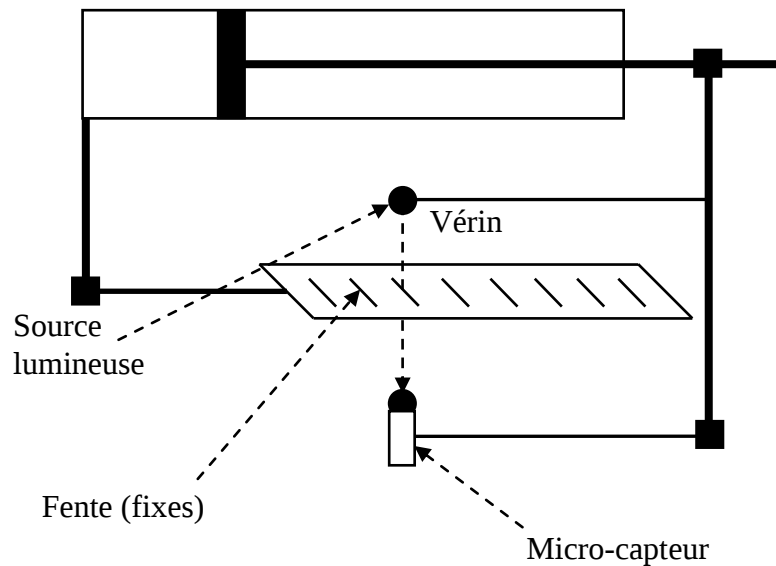
Ils sont analogiques absolus, numérique incrémentaux, soient numériques absolus. Leur principe est basé sur le déplacement d'un curseur ou une source lumineuse avec une tige en mouvement linéaire (exp. tige de vérin).

**Exemple1:** codeur analogique

La tension au curseur est proportionnelle à la distance  $d$ .



**Fig.13**

**Exemple 2:** codeur numérique.**Fig.14**

Il reprend la technologie des codeurs rotatifs. Il peut être composé de plusieurs règles en parallèle qui permettent d'augmenter la résolution ou d'avoir un codage absolu.

**b) Les capteurs de vitesse:** [3]

Ce sont des capteurs rotatifs analogiques.

Les deux types fondamentaux sont basés sur le principe de la dynamo ou de la génératrice tachymétrique (DT ou GT)

**Principe:**

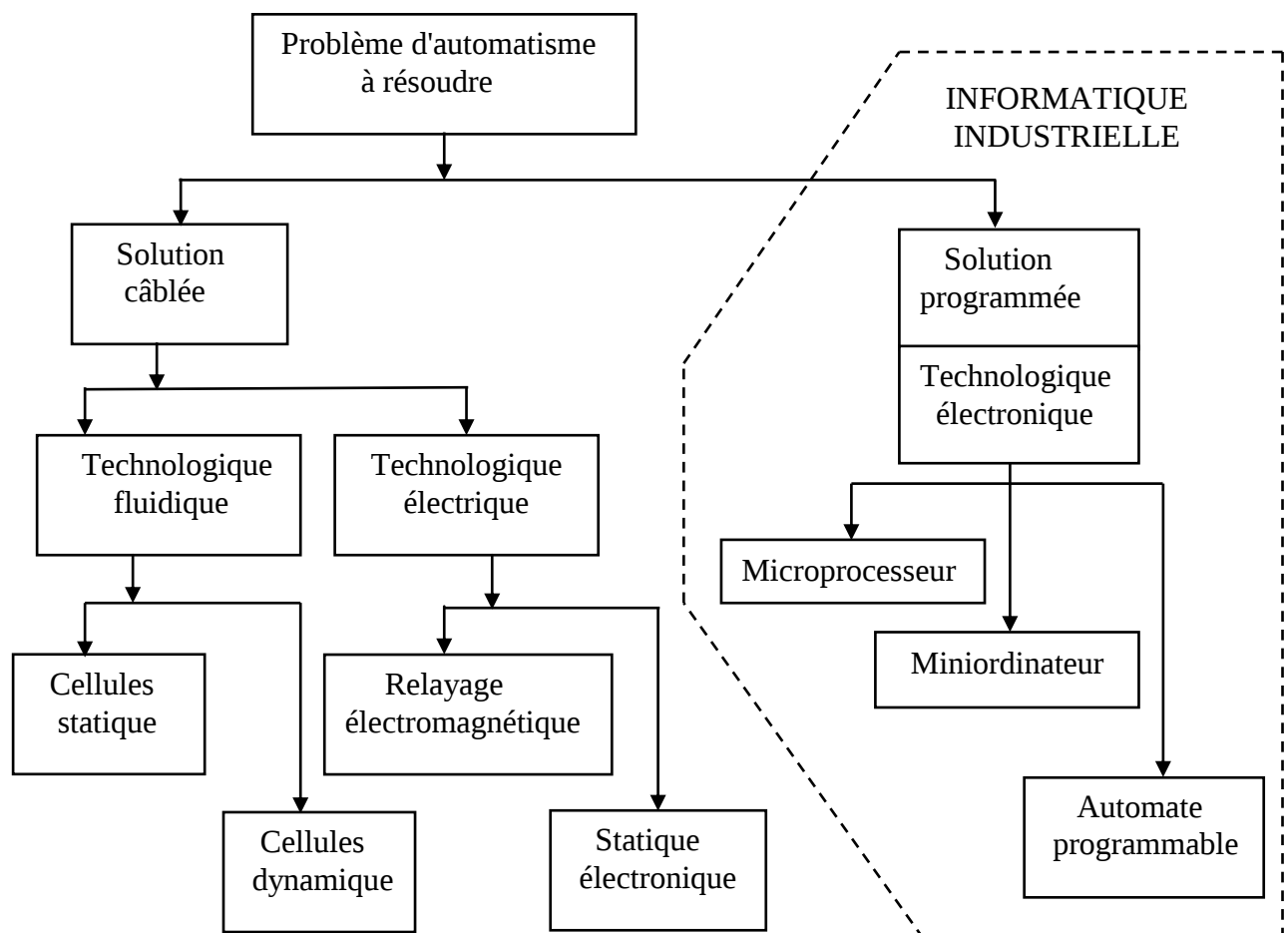
L'arbre du moteur entraîne un rotor (de DT ou GT) qui tourne dans un champ magnétique, la tension délivrée par DT ou GT est proportionnelle à la vitesse de rotation.

### 4-3- Le traitement des données: [5]

L'automatisation d'un procédé (c à d une machine, un ensemble de machines ou plus généralement un équipement industriel) consiste à assurer la conduite par un dispositif technologique.

L'automaticien dispose de nombreux outils technologiques pour réaliser l'organe de commande de son système que l'on regroupe habituellement en deux catégories fondamentales: Les solutions câblées et les solutions programmées.

La figure suivante (fig.15) donne les principales solutions technologiques à un problème d'automatisme.



**Fig.15 Les principales solutions technologiques à un problème d'automatisme**

### **5- Conclusion :**

Les outils câblés caractérisés par une mise en œuvre nécessitant uniquement, mais nécessairement, l'établissement de liaisons matérielles (câblage) selon un schéma fourni par la théorie ou l'expérience. Ces outils largement utilisés dans l'industrie où l'on apprécie leurs qualités éprouvées, mais ils souffrent cependant d'un certain nombre de limitations parmi lesquelles nous reteindrons:

- leur encombrement (poids et volume),
- leur manque de souplesse vis-à-vis de la mise au point des commandes et de l'évolution de celles-ci (améliorations, nouvelles fonctions,...),
- la difficulté de maîtriser des problèmes complexes,
- la complexité de recherche des pannes et donc du dépannage.

Alors que les solutions programmées offre une alternative technologique à l'automaticien, et lui ouvre des possibilités nouvelles liées à la puissance de traitement des données. Parmi ces solutions programmées est le « A.P.I » (Automate Programmable Industriel ) qui s'est substitué aux armoires à relais de sa souplesse (mise en œuvre , évolution ), mais aussi parce que dans les automatismes de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés.

## ***CHAPITRE II***

# ***LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS***

***CHAPITRE II LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS*****1- Introduction :**

Toute automatisation comporte nécessairement une commande électronique ou informatique. Nous donnerons dans ce chapitre un minimum d'information sur les automates programmables industriels.

Nous sommes maintenant en mesure d'aborder l'étude des A.P.I. Pour cela, nous procéderons en analysant pour commencer par définition et caractéristiques des A.P.I., l'architecteur des A.P.I., l'environnement des automates, puis les aspects logiciels.

## 2- Définition et caractéristiques : [7]

Un A.P.I. est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destinée à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des fonctions d'automatismes logiques, des fonctions numériques simples et des fonctions de régulation.

Cette définition longue a le mérite de signaler les caractéristiques propres à l'automate programmable et notamment ses différences par rapport au microordinateur. Voyons l'une après l'autre ces caractéristiques:

- C'est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien, ce qui signifie que l'organe informatique qui constitue le cœur de l'automate, (en l'occurrence un microprocesseur), doit être transparent pour l'utilisateur qui n'a nullement à connaître l'informatique. En conséquence la programmation d'un automate est très simple et accessible à des non-spécialistes;
- Il est destiné à fonctionner en ambiance industrielle, c'est-à-dire dans un environnement industriel hostile, contrairement à ce que peut faire un microordinateur standard. Par environnement hostile il faut entendre une ou plusieurs conditions sévères pour l'électronique: températures basses ou hautes, humidité, vibrations, chocs, gaz corrosifs, vapeurs d'hydrocarbures, poussières métalliques ou minérales et aussi les perturbations électriques;
- Les fonctions qu'il réalise sont en premier lieu des automatismes logiques, dont la gestion d'entrées-sorties de type tout ou rien. Mais les progrès technologiques et les besoins de plus en plus nombreux des utilisateurs ont permis à l'automate d'assurer des fonctions numériques et aussi les asservissements. Il devient un petit outil informatique capable notamment de recevoir et d'émettre des messages.

## 3- L'architecture d'un automate programmable: [5, 7, 8]

Elle est indiquée sur (figure.1) pour laquelle:

L'automate proprement dit est constitué d'une unité centrale (processeur et mémoire centrale), de circuits d'interfaces appelés coupleurs d'entrée et de sortie et recevant par des borniers les entrées et les sorties tout ou rien à gérer, d'interfaces spécifiques pour la communication avec des périphériques (coupleurs de périphériques);

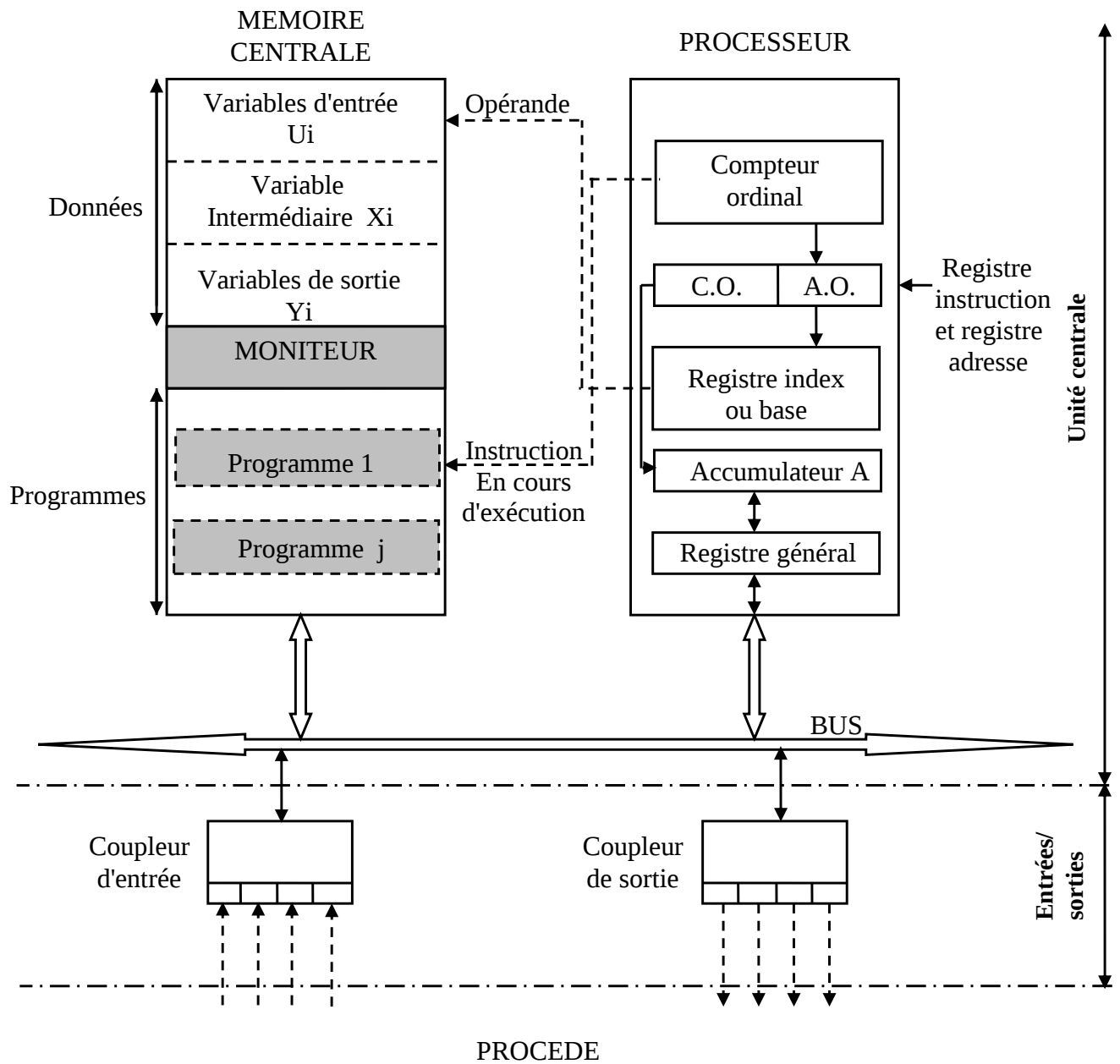


Figure II.1: Structure de l'UC d'un A.P.I.

### **3-1- L'unité centrale (UC):**

Est le « cœur » de la machine, elle est nécessaire au fonctionnement logique interne, elle contient:

#### **3-1-1- Processeur:**

Le processeur est « l'intelligence » de l'UC (c à d de l'A.P.I.). C'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de la machine et d'effectuer les traitements demandés par les instructions des programmes. Il est organisé autour d'un certain nombre de registres, donc le processeur dialogue avec les entrées/sorties (E/S), avec la mémoire, avec l'outil de programmation et éventuellement avec le réseau de communication.

#### **3-1-2- La mémoire centrale:**

La mémoire centrale est conçue pour contenir toutes les informations nécessaires au fonctionnement du système et à son exploitation. Une partie est réservée au logiciel de base conçu, développé et fourni par le constructeur, une autre partie de cette mémoire est réservée au logiciel d'application, ensemble des programmes réalisés par l'utilisateur de cette machine (A.P.I.). Elle mémorise enfin les données qui sont utilisées ou produites par les programmes d'application. Sur une mémoire, on peut lire, écrire et effacer.

### **3-2- Les entrées-sorties (E/S):**

Les interfaces entre le procédé et la logique interne d'un automate sont assurées par des cartes électroniques appelées coupleurs (d'entrées ou de sorties), elles permettent donc l'échange de l'information entre l'A.P.I. et le monde extérieur.

- *Les E/S tout ou rien (binaire),*
- *Les E/S numériques,*
- *Les E/S spéciales:* on regroupe ici les dispositifs qui soit relèvent habituellement du logiciel (compteurs, temporisations), soit constituent des extensions des E/S traditionnelles. Il s'agit en particulier des E/S analogiques, des cartes de régulation et des commandes d'axes.

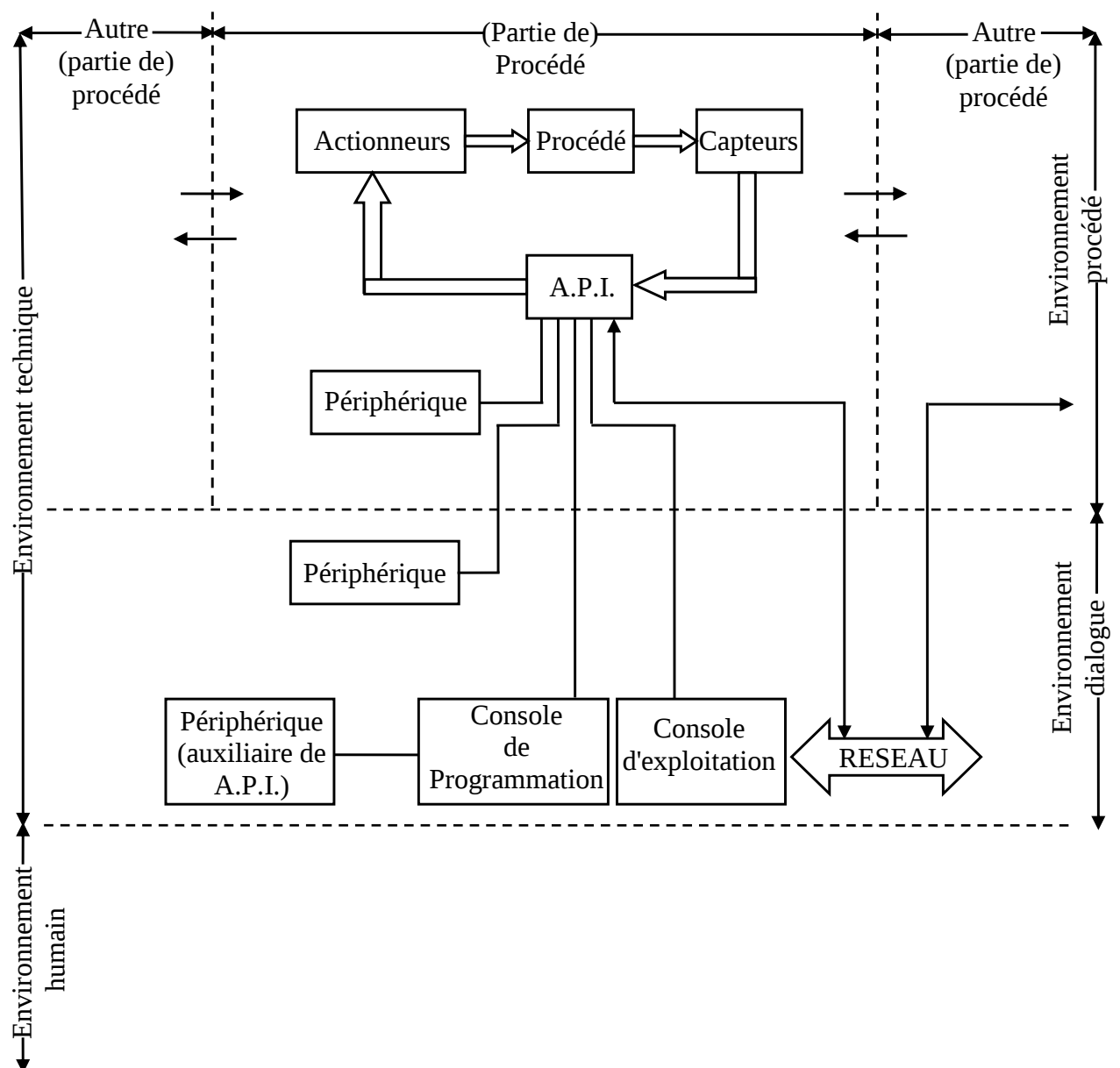
#### **4- L'environnement des A.P.I.: [5]**

Pour conduire sa mission vis-à-vis d'un procédé, un A.P.I. doit disposer des dispositifs connectés temporairement ou non, directement ou non, à l'A.P.I. ces dispositifs peuvent être, par exemple, les périphériques et auxiliaires des A.P.I. (L'imprimante, les mémoires de masse.....), les console d'exploitation, etc.....

Parmi les plus importants de ces dispositifs est la console de programmation, outil privilégié du dialogue homme-machine. Elle se présente comme un poste de travail composé d'un clavier, d'un écran, de dispositifs associés spécifiques, complétés éventuellement de périphérique (les auxiliaires de l'A.P.I.), adapté au milieu industriel, aux spécificités des automatismes et connectable à l'A.P.I..

La console de programmation a trois rôles principaux:

- Un outil de programmation et de mise à jour des applications,
- Un intermédiaire de dialogue avec l'A.P.I.,
- Un moyen d'intervention sur l'A.P.I.

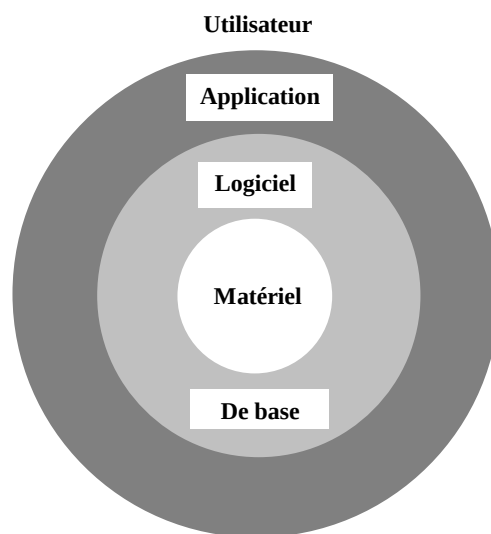


**Figure II. 2: L'environnement des A.P.I.**

### **5-1- Analyse fonctionnelle du logiciel des A.P.I.: [5]**

Le logiciel de base d'un système informatique (en générale, A.P.I. en particulier) a pour objet de permettre la mise en œuvre du matériel selon les spécifications indiquées par l'utilisateur au moyen d'un langage de programmation.

Il se présente donc comme une couche entre le matériel et l'extérieur du système, c'est-à-dire le monde de l'utilisateur. Cette couche est composée de strates ou sous-couches. A «l'intérieur», au plus près du matériel, se trouve le Système d'Exploitation, chargé de gérer les ressources de la machine (mémoire, entrées-sorties,...). A «l'extérieur», à disposition de l'utilisateur, sont présentés les logiciels de production de programmes qui ont pour but de coder les applications. Est également à la disposition du programmeur un ensemble de logiciels de service qui sont composés de fonctions utilitaires. Ce logiciel est, sauf exception, livré avec chaque machine par le constructeur.



**Figure II.3: Organisation du logiciel d'un système**

Le logiciel d'exploitation est constitué du sous-ensemble du logiciel de base nécessaire et suffisant à l'exploitation des applications. Cette mission revêt deux aspects: la satisfaction des sollicitations provenant des applications et la gestion interne de la machine. Les instructions d'E/S sont gérées par le système d'exploitation qui s'assure de leur mise en forme et de leur transmission convenable selon le mode d'échange retenu et la nature de l'information.

***5-1-2- Le logiciel de production de programmes:***

Le logiciel de production de programmes est le sous-ensemble du logiciel de base nécessaire et suffisant au codage et à la mise au point des applications.

La production de programme d'A.P.I. repose sur la mise en œuvre de la console de programmation avec ou indépendamment de l'UC selon son degré d'évolution. Le logiciel associé est donc implanté soit dans la mémoire centrale, soit dans celle de la console.

***5-2- Les formes de langages des A.P.I. : [2, 5, 6]***

Les principaux types de langages rencontrés sur les A.P.I. sont:

**5-2-1- Les langages graphiques:**

**a) Le langage de relais:**

Les constituants des schémas à relais sont au nombre de cinq (**Tableau.1**) : une variable et son complément, une ouverture et une fermeture de branche parallèle et un symbole d'affectation de résultat.

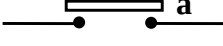
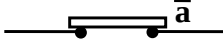
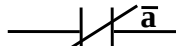
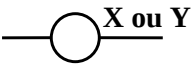
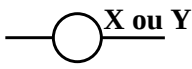
| Type de constituants  | Convention européenne                                                             | Convention américaine                                                              | Signification                                                        |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Constituants logiques |  |  | Relais normalement ouvert                                            |
|                       |  |  | Relais normalement fermé                                             |
|                       |  |  | Ouverture de branche parallèle                                       |
|                       |  |  | Fermeture de branche parallèle                                       |
| Symbole d'affectation |  |  | Affectation du résultat à une variable intermédiaire ou à une sortie |

Tableau.4 Les constituants des schémas à relais

**b) Le GRAFCET:**

La forme synthétique de cette représentation et la correspondance rigoureuse avec la logique à programmer ont conduit certains constructeurs à transformer *GRAFCET* en un langage de programmation.

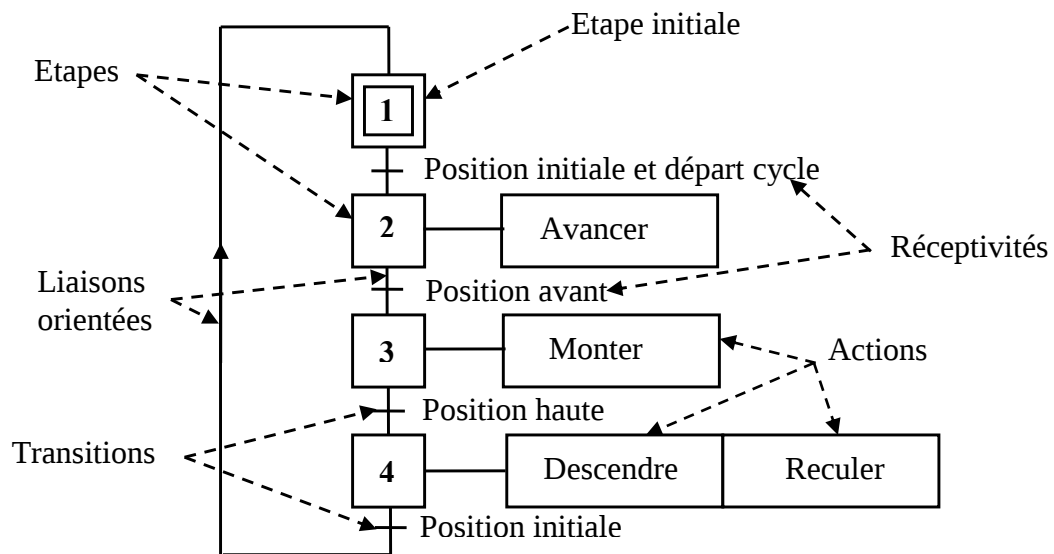
*Le GRAFCET* est un outil de description du cahier des charges des automatismes séquentiels; il décompose le fonctionnement d'un système en plusieurs étapes. Une étape correspond à un état bien défini du système et un état stable de sa commande.

L'évolution du système, d'une étape vers une autre étape, n'est autorisée que si une transition logique est assurée.

*Le GRAFCET* est donc un modèle de représentation graphique du fonctionnement de la partie commande et la partie opérative d'un système automatisé de production.

### b-1) GRAFCET à séquence unique:

Le GRAFCET à séquence unique est formé d'une suite d'étapes qui se déroulent toujours dans le même ordre. Il n'existe qu'une séquence qui, partant de l'étape initiale, permet d'y retourner.



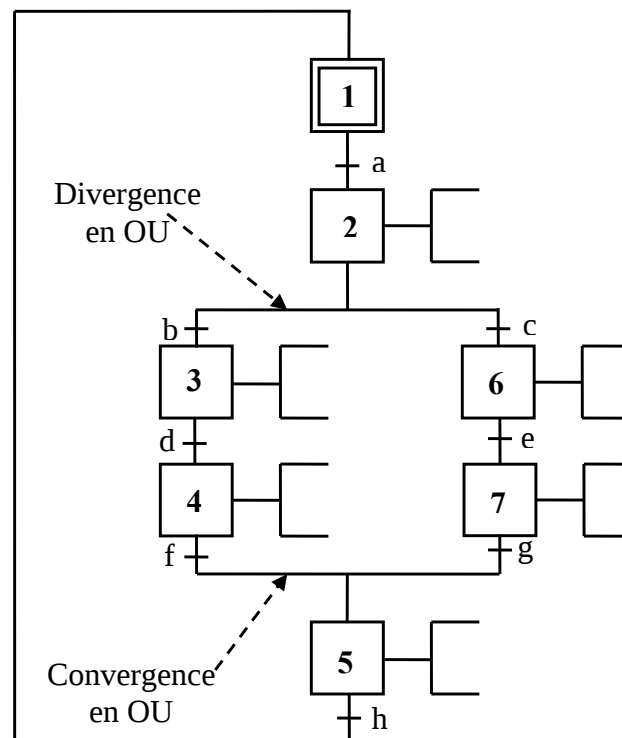
**Figure II.4: GRAFCET à séquence unique**

- **Les étapes:** Elles représentent les différentes phases du cycle de fonctionnement d'un système automatisé.
- **Les transitions:** Il y a toujours une et une seule transition entre deux étapes. Une transition est validée lorsque l'étape (ou les étapes) immédiatement précédente est active.
- **Les réceptivités:** Associées aux transitions, elles permettent de franchir la transition si celle-ci est validée. Elles sont de forme booléenne.
- **Les liaisons orientées:** Elles relient toujours les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Le sens d'évolution se fait toujours de haut en bas; si le cas contraire s'impose, une flèche sur la liaison orientée indique le sens de parcours.

- **Les action:** Une ou plusieurs actions sont généralement associées à chaque étape. Ils indiquent ce qui doit être réalisé à l'étape concernée lorsque celle-ci est active.

### b-2) GRAFCET avec séquence multiple:

Le GRAFCET à séquences multiples, contrairement au GRAFCET linéaire, comporte plusieurs séquences; la sélection de ces séquences se fera par des aiguillages appelés divergence en **OU** ou en **ET**.

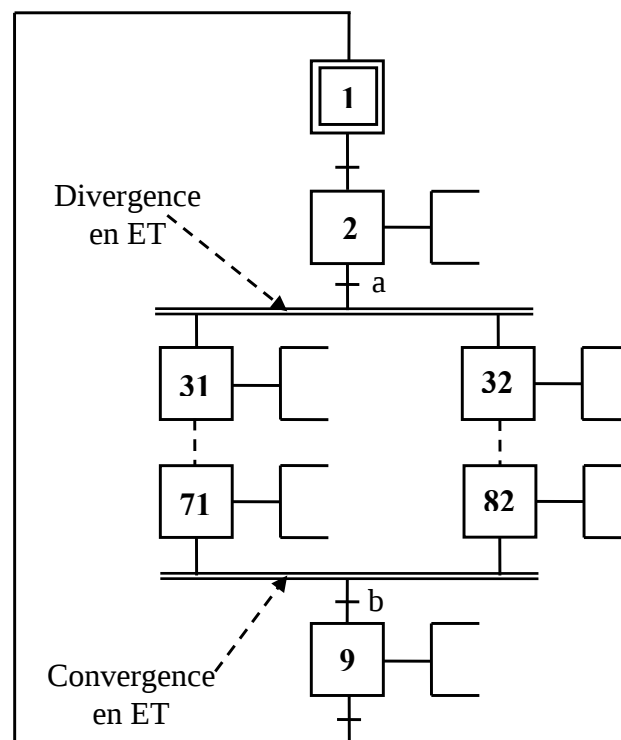


*Figure II.5: GRAFCET avec séquence multiple:*

C'est-à-dire que deux séquences peuvent être décrites:

- Séquence 1 2 3 4 5.
- Séquence 1 2 6 7 5.

Le choix est fait par les réceptivités  $b$  et  $c$  qui permettent de franchir soit la transition 2-3, soit la transition 2-6. Lorsque l'étape 2 est active, il doit être impossible d'obtenir simultanément les informations  $b$  et  $c$ .



**Figure II.6: GRAFCET avec séquence multiple**

C'est-à-dire il est possible de représenter des séquences se déroulant en même temps:

Si l'étape 2 est active et si la réceptivité  $a$  est vraie, les étapes 31 et 32 s'activent simultanément et l'étape 2 est désactivée. A partir de ce moment, les séquences 31 à 71 et 32 à 82 se déroulent indépendamment l'une de l'autre. Pour activer l'étape 9, il faudra que les étapes 71 et 82 soient actives et que la réceptivité  $b$  soit vraie. L'activation de l'étape 9 provoque la désactivation des étapes 71 et 82.

### 5-2-2- Les langages littéraux:

On désigne ainsi un ensemble de langages dont les instructions s'écrivent sous la forme littérale.

- **Les langage booléens:** Ils permettent de transcrire directement une équation booléenne sous forme littérale
- **Les langages mnémoniques:** Ils utilisent le formalisme des langages d'assemblage, largement répandus dans le domaine informatique.
- **Les langages informatiques:** (exp: PASCAL, FORTRAN.....)

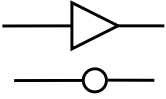
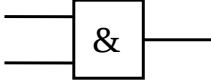
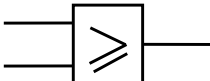
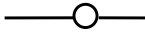
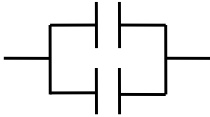
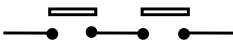
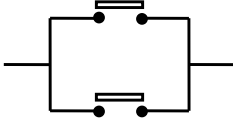
### 5-2-3- Extension des langages aux besoins des A.P.I.:

Les langages précédents, graphique ou littéraux, ne permettent généralement pas de mettre en œuvre, sous la forme qui vient d'être exposée, tous les outils de l'A.P.I. les langages sont donc complétés de façon à utiliser simplement toutes les fonctions de l'A.P.I. (tel que: les compteur, les temporisateurs.....).

### 5-3- Le langage de base des A.P.I. : [5]

Il s'agit du « vocabulaire » et de la «grammaire» qui permettent au programmeur de s'adresser à l' A.P.I. pour lui faire exécuter des fonctions. Pour les instructions logiques, les opérations logique de base doivent permettre d'exprimer les trois opérations booléennes élémentaire: ET, OU, Complément. En effet, ces opérateurs permettent de résoudre l'ensemble des problèmes de logique.

Le tableau ci-après indique les différentes conventions retenues pour les représenter.

| Opérateur booléen                             | ET                                                                                | OU                                                                                  | PAS, NON, complément                                                                |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Langage mathématique                          | Intersection                                                                      | Union                                                                               | Complément                                                                          |
| Symbolique mathématique                       | $\cap, \wedge$                                                                    | $\cup, \vee$                                                                        | $a, /a$                                                                             |
| Symbolique booléen                            | $\cdot$                                                                           | $+$                                                                                 | $a, /a$                                                                             |
| Symbolique logique norme CEI                  |  |   |  |
| Convention française norme NFC 95821-95832    |  |   |  |
| Convention américaine norme NEMA              |  |   |  |
| Convention française (relais) norme NFC 46255 |  |  |  |

**Tableau.2 Représentation des opérateurs booléens**

Il y a aussi d'autre instruction dans le langage de base comme:

- Les identificateurs,
- Les instructions d'affectation et d'initialisation,
- Les instructions d'entrée/sortie,
- Les instructions de gestion du cycle.

#### 5-4- Extensions du langage de base: [5]

C'est pour mettre en œuvre tous les outils de l'A.P.I. tels que:

- Les temporisateurs,
- Les compteurs,
- Auto-maintien, relais à accrochage,
- Répétition, indexation.....

**5-5- Le langage séquentiel des A.P.I.: [5]**

Mis à part les compteurs, les temporisateurs, ..., quelques A.P.I. offrent des opérations typiquement séquentielles:

- La fonction PAS à PAS,
- Le (registre à) décalage,
- Les piles,
- Bibliothèque de fonction.....

Les A.P.I. utilisent des langages différents selon les constructeurs et le pays d'origine. Nous trouvons des automates utilisant le *langage logique* basé sur les fonctions logiques, et des automates utilisant le *langage des contacts* basé sur les associations de contacte comme dans les schémas à relais, d'où leur succès auprès des électriciens. D'autres automates plus performants utilisent *le langage grafcet*, qui permet la transcription immédiate du grafcet en programme ou le langage organigramme basé sur des représentations inspirées de l'informatique industriel. En plus l'A.P.I. présente l'avantage par rapport aux solutions câblées, d'autoriser un travail très complet, et il est manipulable par un personnel non informaticien et de qualification moyenne.

## ***CHAPITRE III***

# ***DEMARRAGES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES***

**CHAPITRE III DEMARRAGES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES****1- Introduction :**

Un actionneur reçoit de l'énergie venant d'une source extérieure pour la transformer en une action physique. La classification des actionneurs peut se faire en fonction de l'énergie disponible (électrique, Pneumatique, hydraulique, magnétique).

Nous sommes maintenant en mesure d'aborder l'étude des actionneurs électrique tel que les moteurs asynchrones triphasés.

Ce chapitre est consacré à l'étude de démarrage des moteurs asynchrones triphasés, pour cela, nous procéderons en analysant pour commencer par historique, puis la constitution et les différents mode de démarrage des moteurs asynchrone triphasé à cage et à rotor bobiné.

## 2- Historique:[9]

Le fonctionnement des générateurs et des moteurs découle de deux principes physiques réciproques. Le premier principe découvert par le physicien français **ANDRE-MARIE AMPERE** en 1820, est l'un des fondements de l'électromagnétisme.

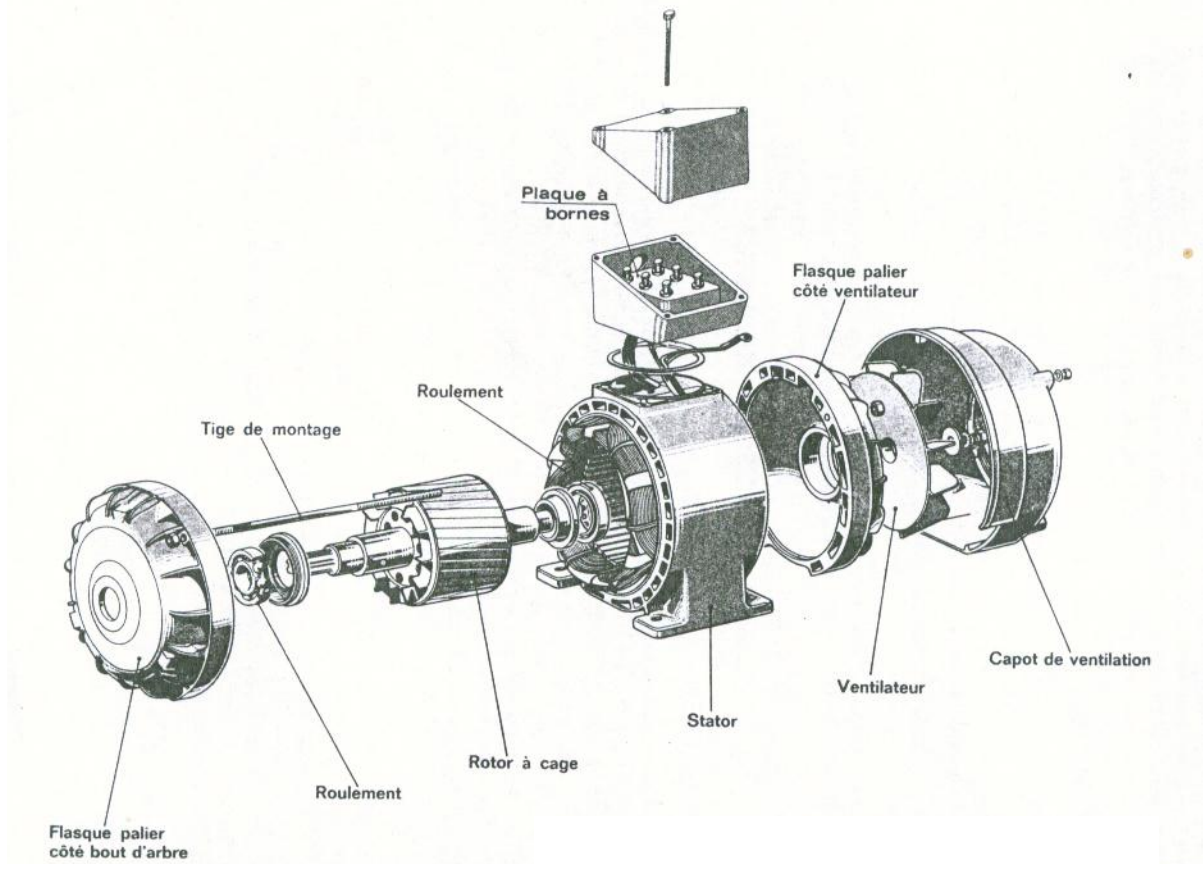
**AMPERE** constata que lorsqu'un courant traversait un conducteur placé dans un champ magnétique, ce conducteur était soumis à une force mécanique due au champ. L'autre principe est celui de l'induction, découverte en 1831 par le scientifique britannique **FARADAY**, lorsque l'on fait passer un aimant à travers un conducteur, un courant est induit dans le conducteur.

**LEON FOUCAULT**, en 1850 montra également l'existence de courant induit dans une masse métallique en mouvement située dans un champ magnétique, ces courants induits furent ensuite appelés « courant de Foucault »

## 3- Moteurs asynchrones triphasés à cage: [6,10]

Les moteurs asynchrones triphasés à cage sont les moteurs le plus simples que l'on fabrique à l'heure actuelle. Ce sont des machines tournantes d'induction basée sur le principe du champ tournant.

**La figure (1)** représente la constitution générale d'un moteur asynchrone à cage. La vitesse de ces moteurs est légèrement inférieure à celle du champ; qui est elle-même liée au nombre de pôles et à la fréquence de réseau ( $n_s = f/p$ ). Pour la fréquence nationale de 50Hz, la gamme de vitesses des moteurs asynchrones est voisine de 3000, 1500, 1000, 750 tr/mn. Leur vitesse varie peu avec la charge (glissement), leur rendement est voisin de 0.9 et acceptent des surcharges de l'ordre 60%.



**Figure III.1: - Moteurs asynchrones triphasés**

Ils démarrent directement et leur sens de rotation s'inverse par simple croisement des deux fils d'alimentation sur la plaque à borne. Pour toutes ces raisons ils sont très utilisés et on les trouve partout: machines-outils, pompe, ventilateur, grues, etc.....

Ils se fabriquent en grande série et de ce fait, leur prix relativement bas, la puissance des moteurs asynchrone à cage n'est limitée que par l'appel de courant important au démarrage et c'est pourquoi on ne dépasse pas, sauf cas particuliers, la puissance de 25kw.

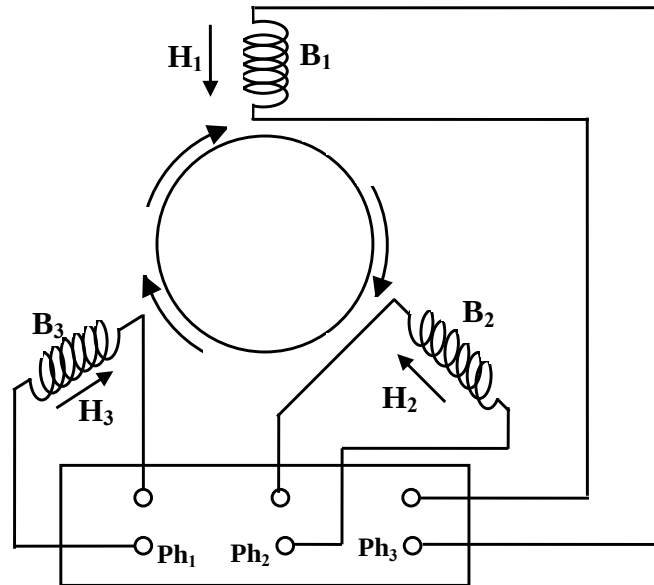
### **3-1- Fonctionnement:[6]**

Les trois champs magnétiques alternatifs produits par les trois bobines se composent pour former un champ tournant (*figure.2*).

Les barres métalliques constituant la cage d'écureuil sont coupées par le champ tournant produit par le stator, ce qui donne naissance à des courants induits intenses dans ces barres (loi de Lenz).

Ces courants réagissent sur le champ tournant en donnant naissance à un couple moteur qui provoque la rotation de la cage. Si la cage tournait à la même vitesse que le champ (vitesse de synchronisme), il

n'y aurait plus de courants induits et le couple exercé serait nul. C'est parce que la vitesse du rotor est inférieure à celle du champ tournant.



**Figure III.2 Démarrage des moteurs asynchrones triphasé:**

### **3-2- Démarrage des moteurs asynchrones triphasé à cage: [11]**

La machine accouplée au moteur oppose pendant le démarrage un couple résistant et une inertie, pour un couple de démarrage donné, le couple résistant et l'inertie déterminent la durée du démarrage; l'appel de courant devant rester acceptable par le réseau. Couple résistant, inertie, réseau sont les éléments de base pour le choix du moteur et du mode de démarrage. Ce sont trois éléments propres à la machine et à l'installation qu'il n'est en général pas possible de modifier.

#### **3-2-1- Caractéristiques des différents modes de démarrage: [12]**

Il existe quatre méthodes de démarrage:

##### **a) Démarrage direct:**

C'est le mode de démarrage le plus simple. Le moteur démarre sur ses caractéristiques "Naturelles". Au démarrage, le moteur se compose comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage.

$$I_d = 5 \text{ à } 8 I_n$$

$$C_d = 0.5 \text{ à } 1.5 C_n$$

$I_d.C_d$ : courant et couple de démarrage  
 $I_n.C_n$ : courant et couple nominale

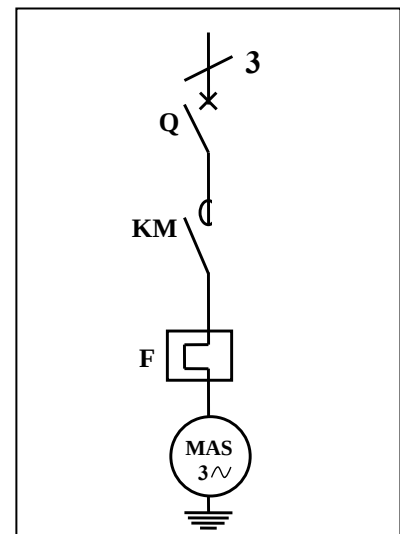


Figure III.3: Schéma unifilaire

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, Coût faible), le démarrage direct convient dans les cas ou:

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble),
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation,
- Le couple de démarrage doit être élevé.

Ce démarrage ne convient pas si:

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension,
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux,
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique).

### b) Démarrage étoile triangle:

Ce mode de démarrage n'est utilisable si les deux extrémités de chaque enroulement sont accessibles. De plus, il faut que le moteur soit compatible avec un couplage final triangle  $\sqrt{3}$

Lors du couplage étoile, chaque enroulement est alimenté sous une tension 3 fois plus faible, de ce fait, le courant et le couple sont divisés par 3. Lorsque les caractéristiques courant ou couple sont admissibles, on passe au couplage triangle.

Le passage du couplage étoile au couplage triangle n'étant pas instantané, le courant est coupé pendant 30 à 50 ms environ. Cette coupure du courant provoque une démagnétisation du circuit magnétique.

Lors de la fermeture du contacteur triangle, une pointe de courant réapparaît brève mais importante (magnétisation de moteur).

$$I_d = 1.5 \text{ à } 2.6 I_n$$

$$C_d = 0.2 \text{ à } 0.5 C_n$$

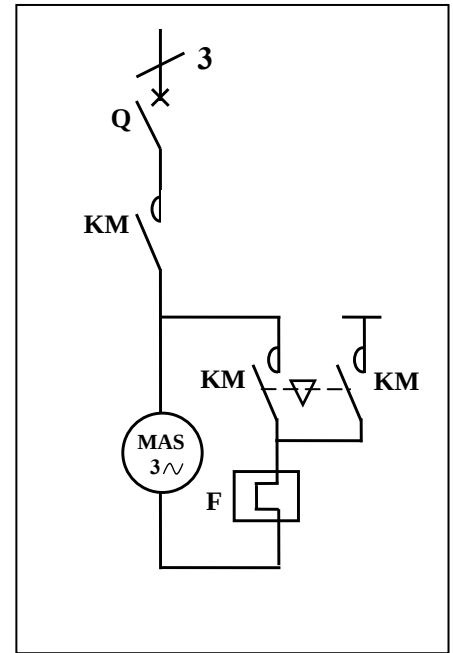


Figure III.4: schéma unifilaire

### c) Démarrage statorique à résistance:

Le principe consiste à démarrer le moteur en direct, mais dans un premier temps par des résistances électriques, limitant ainsi le courant de démarrage. Le moteur démarrant sous tension réduite, celle-ci augmente progressivement en même temps que le courant diminue. La valeur des résistances est calculée en fonction de pointe de courant admissible ou du couple de démarrage minimum.

$$I_d = 4.5 I_n \text{ environ}$$

$$C_d = 0.75 C_n$$

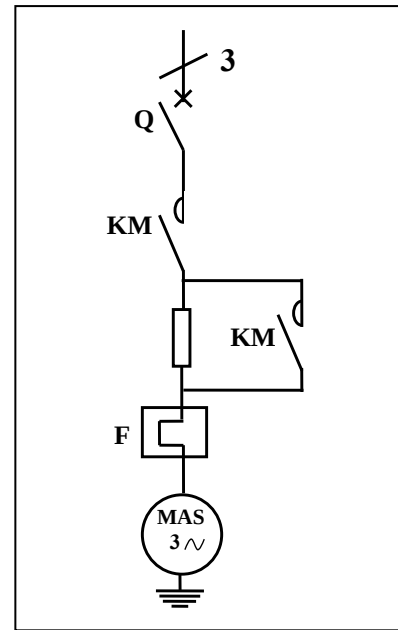


Figure III.5: Schéma unifilaire

**Remarque:**

Le démarrage statorique peut être associé au dispositif de démarrage étoile triangle. On démarre en étoile, puis on passe en couplage triangle avec les résistances, et en fin on termine en couplage triangle direct. Pour les moteurs de grosse puissance, les résistances sont remplacées par un démarreur à résistances électrolytiques. Des barres sont plongées progressivement dans une cuve remplie de liquide. Au fur et à mesure que les barres plongent, la résistance diminue progressivement, et en fin de démarrage, on court-circuite les résistances.

**d) Démarrage par autotransformateur:**

Dans le démarrage par autotransformateur, on effectue le même type que le démarrage étoile triangle (on a en plus le choix du rapport des tensions en choisissant le rapport de transformation) mais les phénomènes transitoires du démarrage étoile triangle (pointe de courant au passage triangle), ne vont plus exister car le courant n'est jamais coupé.

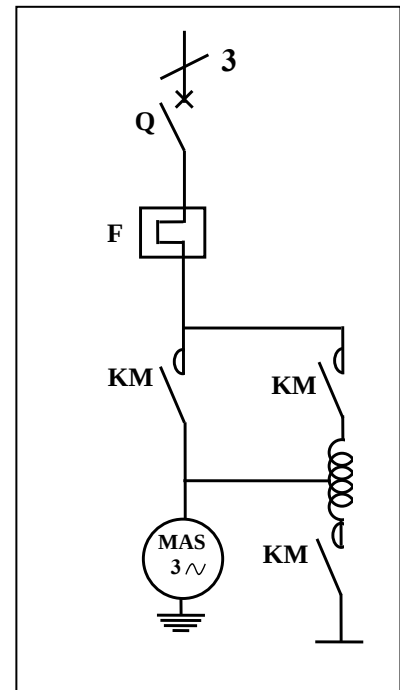
Dans un premier temps, on démarre le moteur sur un autotransformateur couple en étoile. De ce fait le moteur est alimenté sous une tension réduite réglable.

Avant de dépasser en pleine tension, on ouvre le couplage étoile de l'autotransformateur, ce qui met en place des inductances sur chaque ligne limitant un peu la pointe et presque aussitôt, on court-circuite ces inductances pour coupler directement au réseau.

Ce mode de démarrage est surtout utilisé pour les fortes puissances (>100 kW) et conduit à une installation relativement élevée, surtout pour la conception de l'autotransformateur.

$$I_d = 1.7 \text{ à } 4 I_n$$

$$C_d = 0.5 \text{ à } 0.85 C_n$$

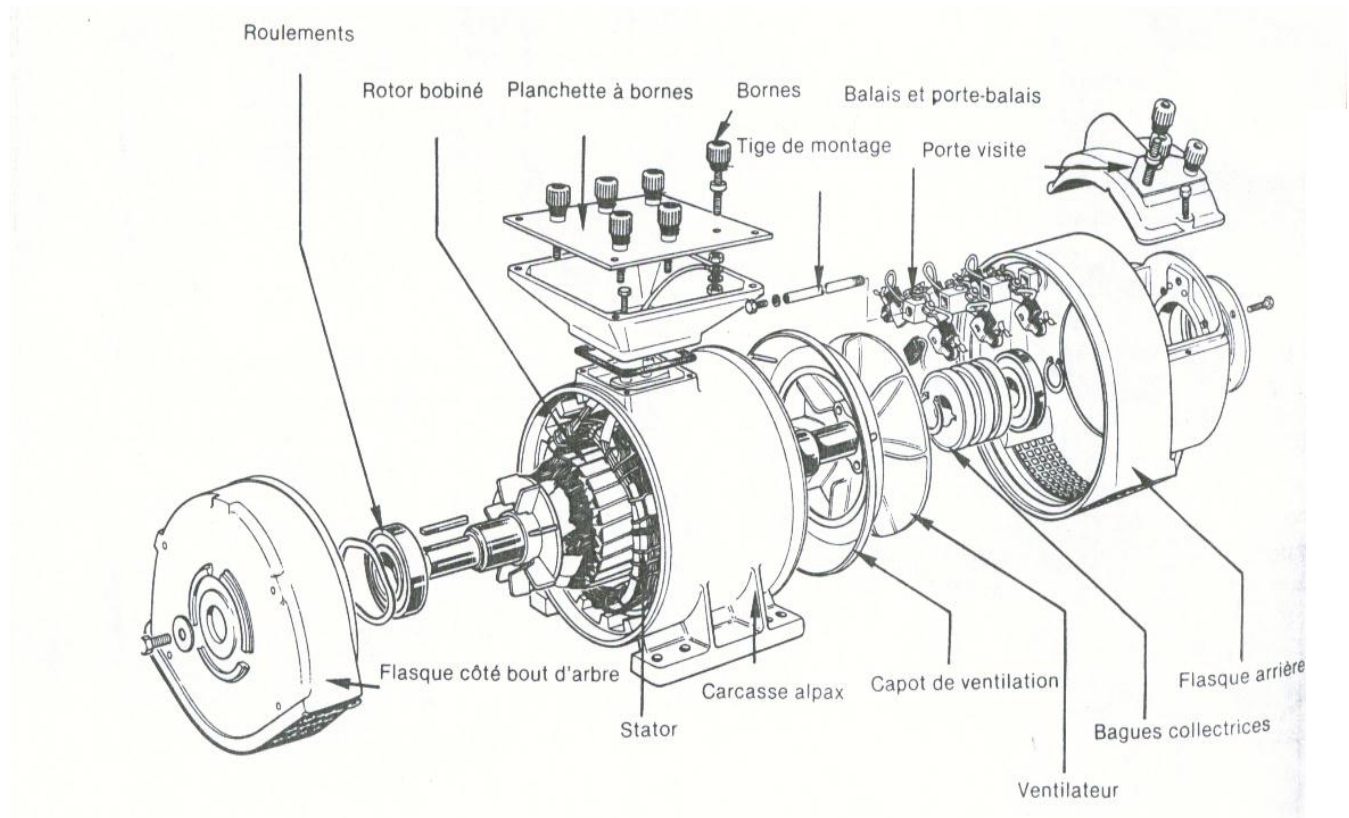


**Figure III.6: Schéma unifilaire**

**4- Moteurs asynchrones triphasés à rotor bobiné: [6,10]**

Les moteurs asynchrones triphasés à cage ne possèdent pas un couple important au démarrage et l'appel de courant à mise en route risque d'atteindre cinq à dix fois l'intensité normale.

Lorsqu'il est nécessaire d'avoir un couple important au démarrage et lorsque la puissance du moteur est telle que l'on craint l'à-coup de courant à la mise en route, on utilise un moteur à rotor bobiné avec un rhéostat de démarrage ou dispositif de démarrage automatique. Les moteurs à rotor bobiné permettent d'obtenir des couples au démarrage pouvant atteindre une fois et demie le couple nominal tout en réduisant l'appel de courant à une valeur acceptable, **la figure (7)** représente la constitution générale de Moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné.



**Figure III.7: - Moteurs asynchrones triphasés à rotor bobiné**

#### 4-1- Démarrage des moteurs asynchrones à rotor bobiné: [12]

##### 4-1-1- Démarrage rotorique:

Dans tous les démarreurs précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarreur, nous avons besoin d'avoir accès au conducteur rotorique. Le fait de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de la pointe de courant au démarrage. En plus, il a l'avantage, si les résistances sont bien choisit, de démarrer avec le couple maximal du moteur.

$$\begin{aligned} I_d &< 2.5 I_n \\ C_d &< 2.5 C_n \end{aligned}$$

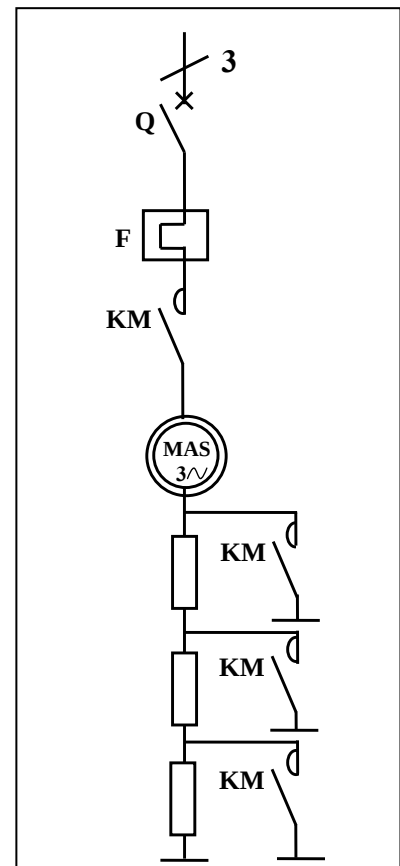


Figure III.8: Schéma unifilaire

#### 5- conclusion :

Les différents modes de démarrage électrique font varier le couple de démarrage (donc la durée de mise en vitesse) et l'appel de courant.

Un démarreur doit être choisi de façon à obtenir une durée de mise en vitesse acceptable pour le moteur (couple de démarrage suffisant) et pour la machine entraînée, ceci avec un appel de courant admissible par le réseau.

## ***CHAPITRE IV***

### ***EXEMPLES PRATIQUES***

**CHAPITRE IV EXEMPLES PRATIQUES****1- Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons considérer trois exemples d'applications qui sont :

- Démarrage étoile-triangle deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé à cage
- Démarrage rotorique deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé (à bague)
- Démarreur moteur à deux vitesses, à couplage de pôles, couple constante – dahlander.

## 2- EXEMPLE PRATIQUE 1:

- Démarrage étoile-triangle deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé à cage.

### 2-1- Circuit de puissance :

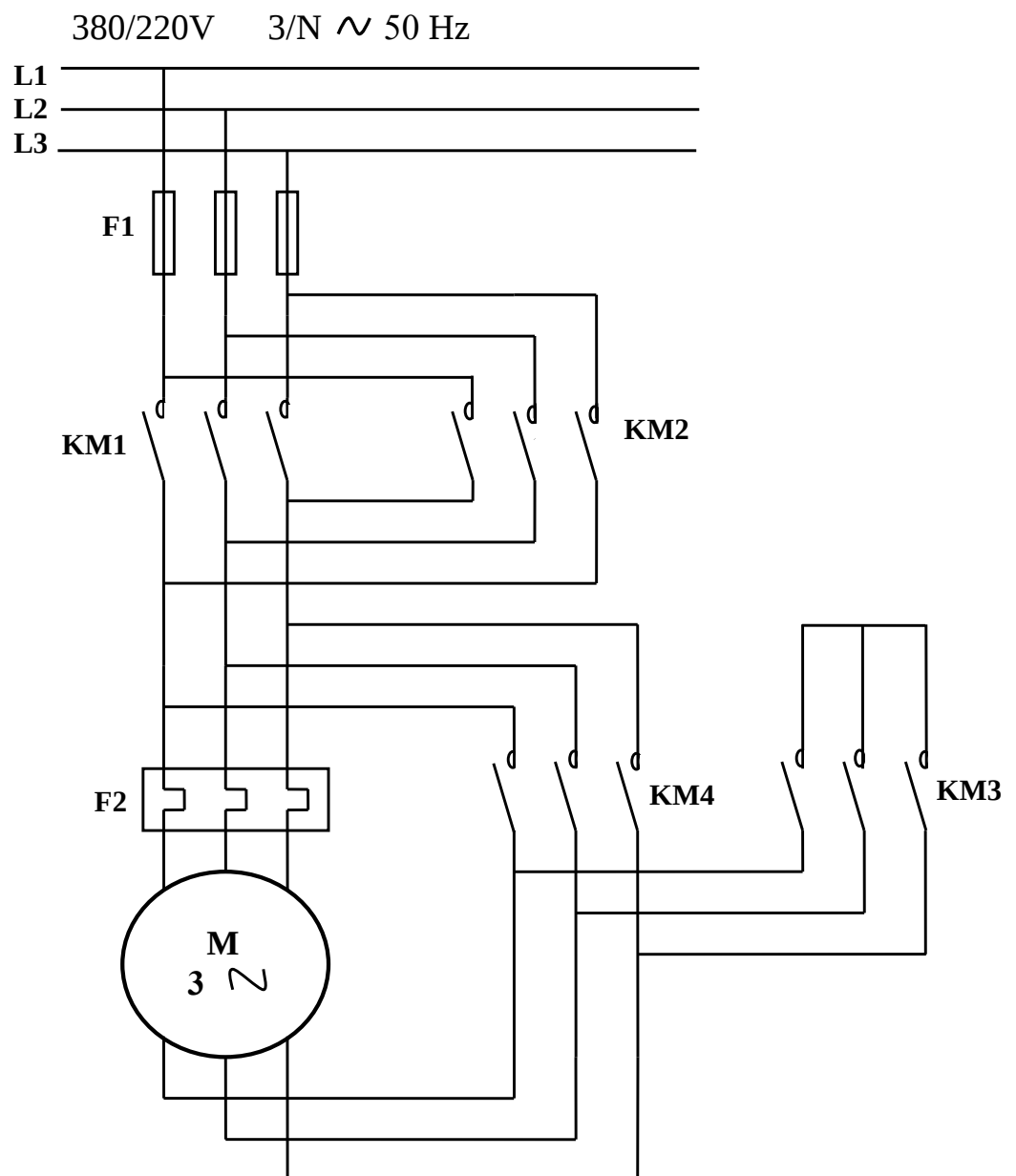


Figure IV. 1: - Démarrage étoile-triangle deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé

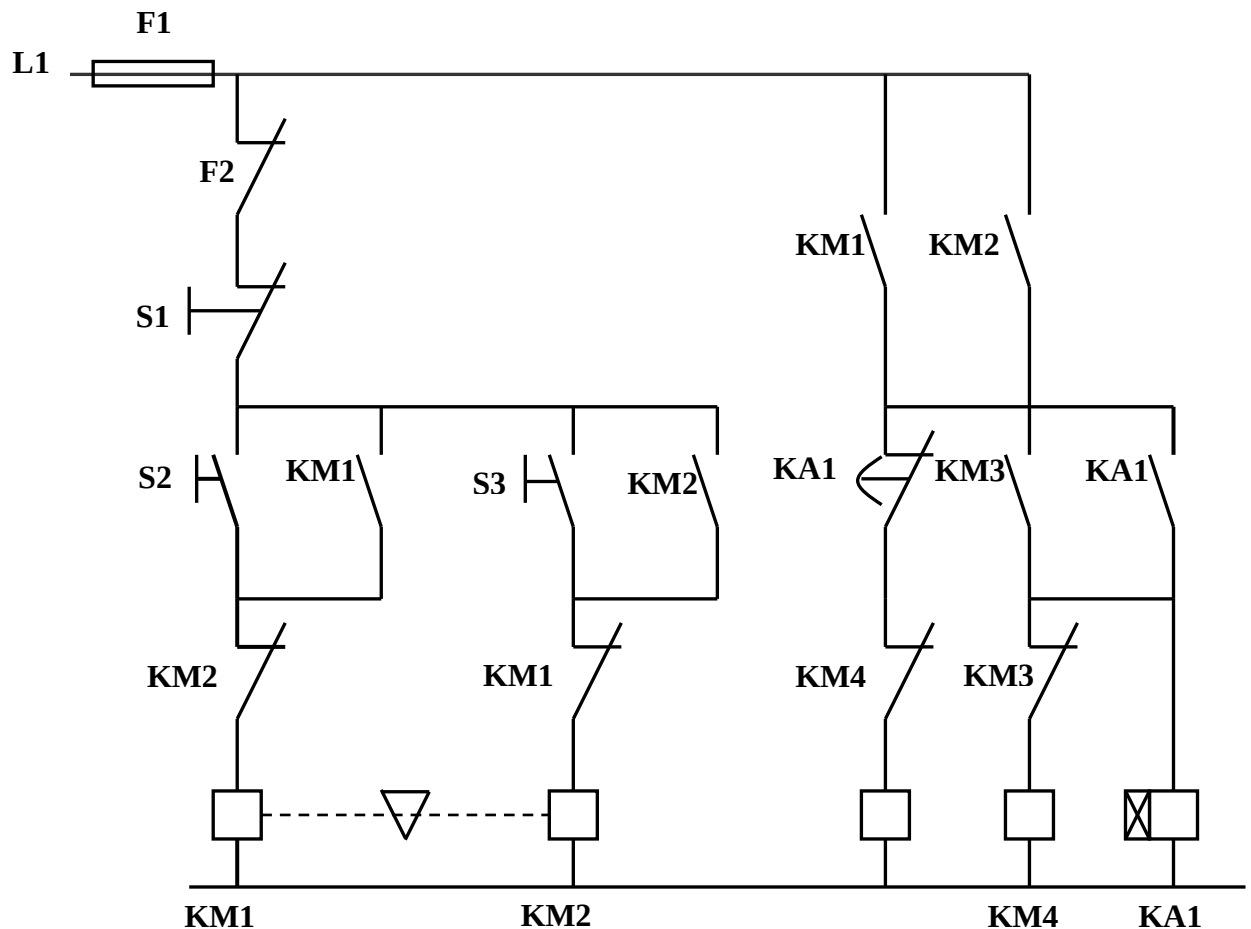
**2-2- Circuit de commande :**

Figure IV. 2: Circuit de commande

**2-3- Principe de fonctionnement :****2-3-1- Circuit de puissance :**

- Fermeture de KM1 ou KM2 (choix de sens de rotation);
- Fermeture de KM3 (couplage étoile) ;
- Ouverture de KM3 (élimination du couplage étoile);
- Fermeture de KM4 (couplage triangle) ;

**2-3-2- Circuit de commande :**

- Impulsion sur S2 ou S3, ce qui provoque;
- Fermeture de KM1 ou KM2 dans le circuit de puissance ;
- Auto-alimentation de KM1 ou KM2 ;
- Excitation de KM3 par KM1 ou KM2 ;

- Excitation de KA1 par KM3
- Auto-alimentation de KA1
- Verrouillage électrique de KM4 par KM3 ;
- Après écoulement du temps réglé, ouverture de KM3 par KA1;
- Excitation de KM4 par KM3;
- Impulsion sur S1 provoque l'arrêt du moteur;

### **2-4- Liste des Entrées/sorties:**

Tout d'abord, nous devons lister les éléments nécessaires : boutons, lampes de signalisation, contacts de protection,.....afin d'attribuer à chacun de ces éléments une adresse d'Entrée ou de sortie correspondante à l'automate utilisé.

**KM3**

#### **2-4-1- Entrées digitales:**

- Bouton stop S1-----I1;
- Bouton start S2-----I2;
- Bouton start S3-----I3;
- Relais thermique F2-----I4;

#### **2-4-2 Sorties digitales:**

- Relais de réseau sens un KM1-----Q1;
- Relais de réseau sens deux KM2-----Q2;
- Relais Etoile KM3-----Q3;
- Relais Triangle KM4-----Q4;

Pour les relais internes et relais de temporisation utilisés :

- Relais internes-----M1, M2, M3, M4;
- Relais de temporisation-----TT1.

**2-5- Schéma à relais :**

Le schéma électrique de commande doit être transformé en schéma à relais:

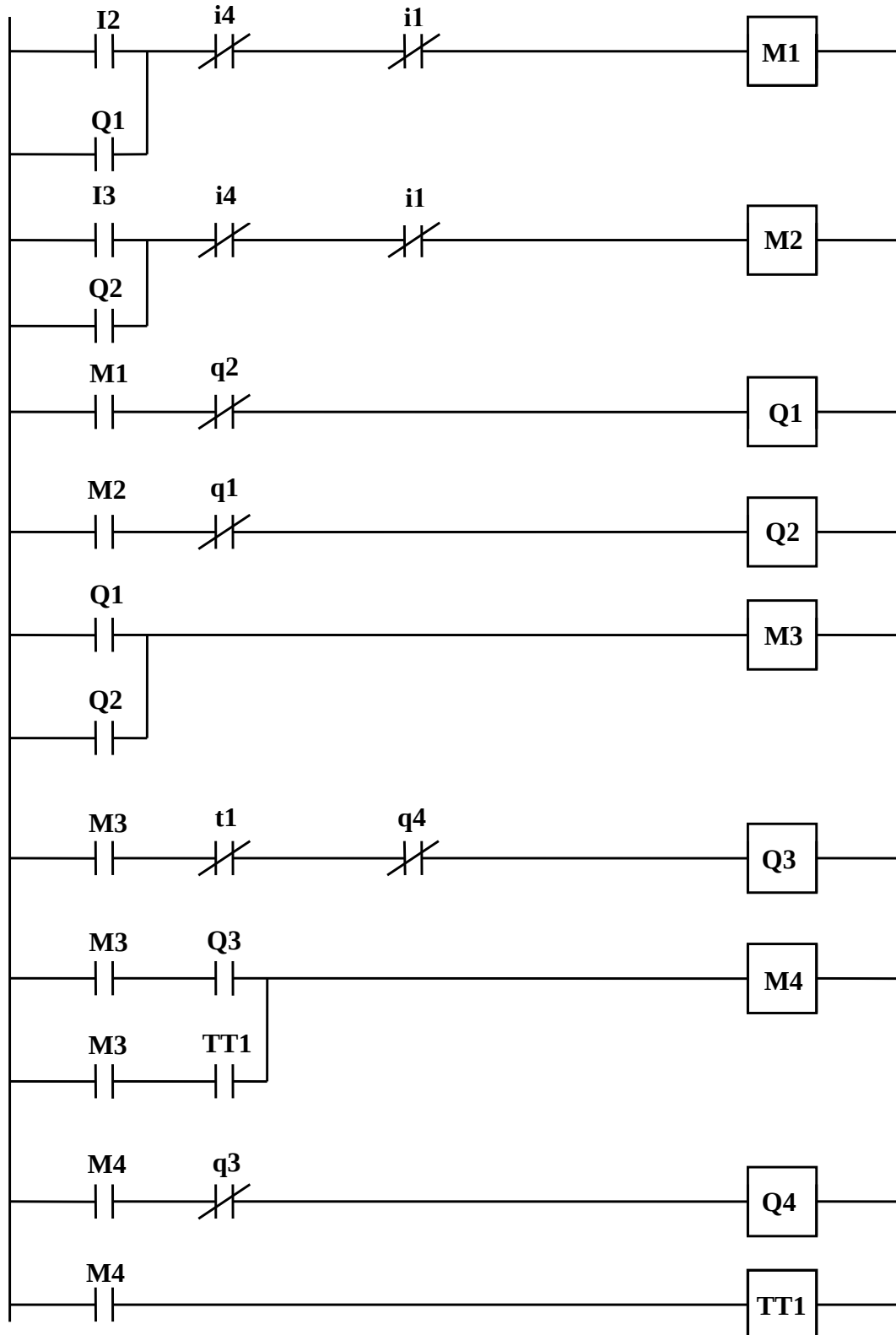


Figure IV. 3: Le schéma électrique de commande

### 3- EXEMPLE PRATIQUE 2:

- Démarrage rotorique deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé (à bague).

#### 3-1- Circuit de puissance:

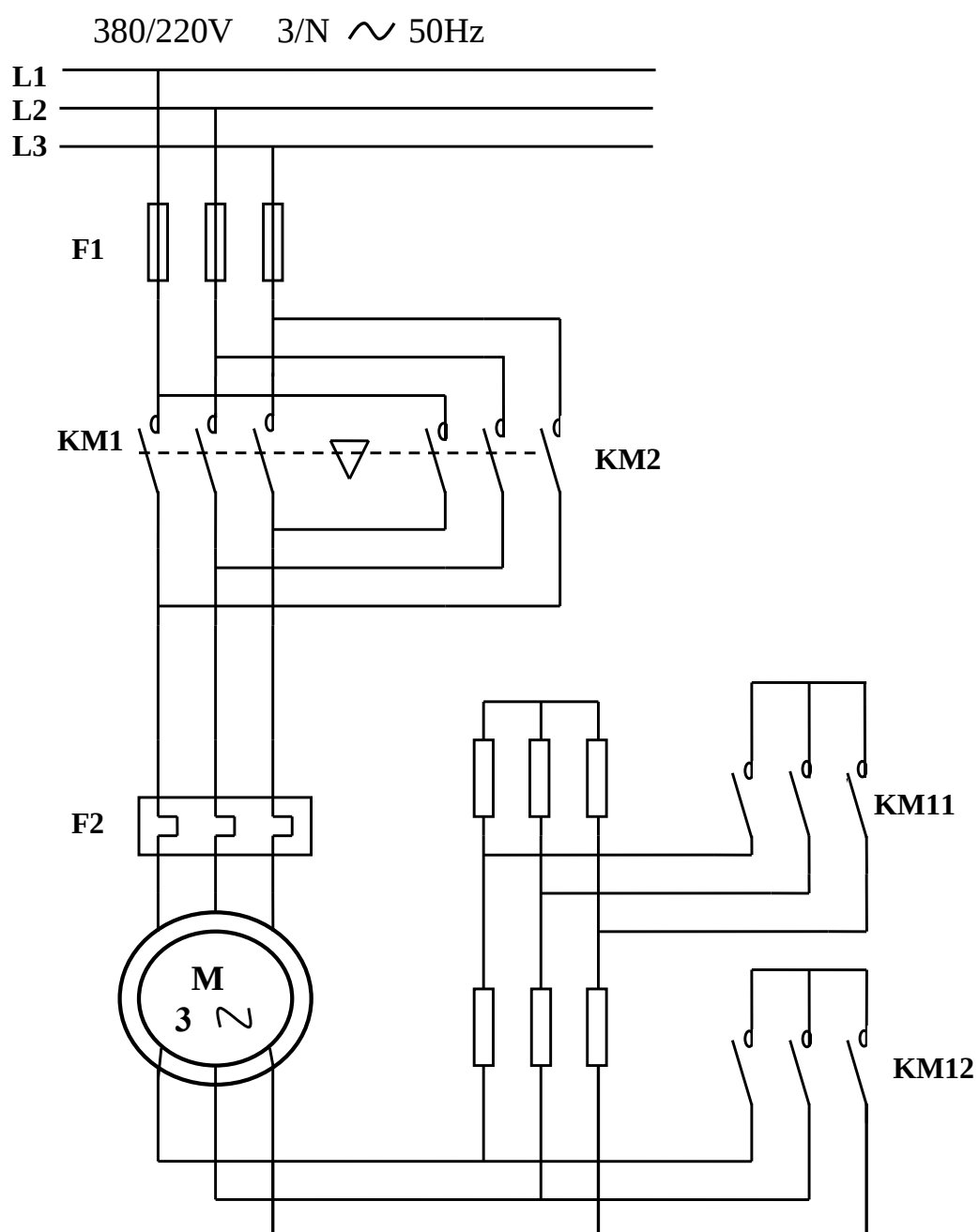


Figure IV. 4: - Démarrage rotorique deux sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé

### 3-2- Circuit de commande :

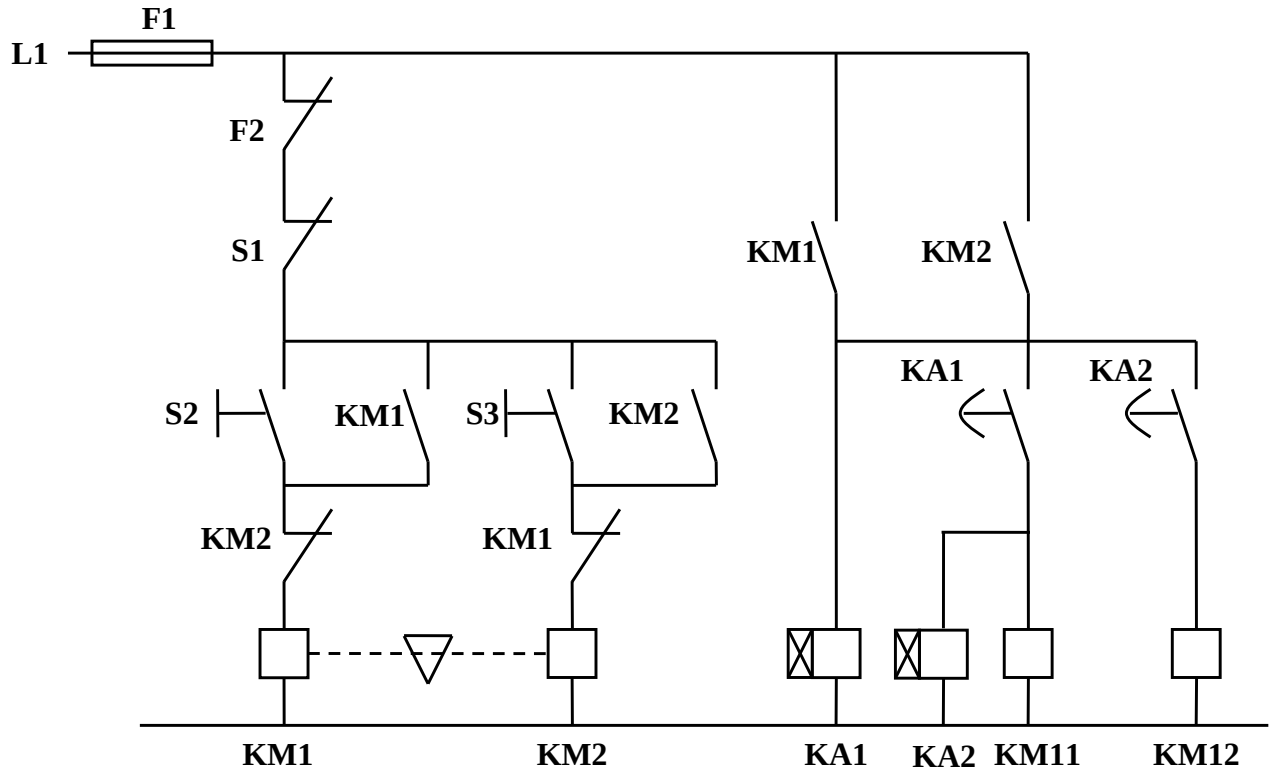


Figure IV. 5 Circuit de commande :

### 3-3- Principe de fonctionnement :

#### 3-3-1- Circuit de puissance:

- Fermeture de KM1 ou KM2 (choix de sens de rotation) ;
- Fermeture de KM11 (court-circuitage d'une partie de la résistance) ;
- Fermeture de KM12 (court-circuitage totale de la résistance) ;
- Fermeture de KM4 (couplage triangle).

#### 3-3-2- Circuit de commande:

- Impulsion sur S2 ou S3, ce qui provoque;
- Fermeture de KM1 ou KM2 dans le circuit de puissance ;
- Auto-alimentation de KM1 ou KM2 ;

- Excitation de KA1 par KM1 ou KM2 ;
- Excitation de KM11 et KA2 par KA1 (Après un certain temps);
- Excitation de KM12 par KA2 (Après un certain temps);
- Impulsion sur S1 provoque l'arrêt du moteur.

### **3-4- Liste des Entrées/sorties:**

#### **3-4-1- Entrées digitales:**

- Bouton stop S1 -----I1;
- Bouton start S2 -----I2;
- Bouton start S3 -----I3;
- Relais thermique F2 -----I4;

#### **3-4-2- Sorties digitales:**

- Relais de réseau sens un KM1-----Q1;
- Relais de réseau sens deux KM2-----Q2;
- Relais d'élimination de la première partie de la résistance KM11-----Q3;
- Relais d'élimination totale de la résistance KM12-----Q4;

Pour les relais internes et relais de temporisation utilisés:

- Relais interne -----M1;
- Relais de temporisation-----TT1, TT2.

## 3-5- Schéma à relais :

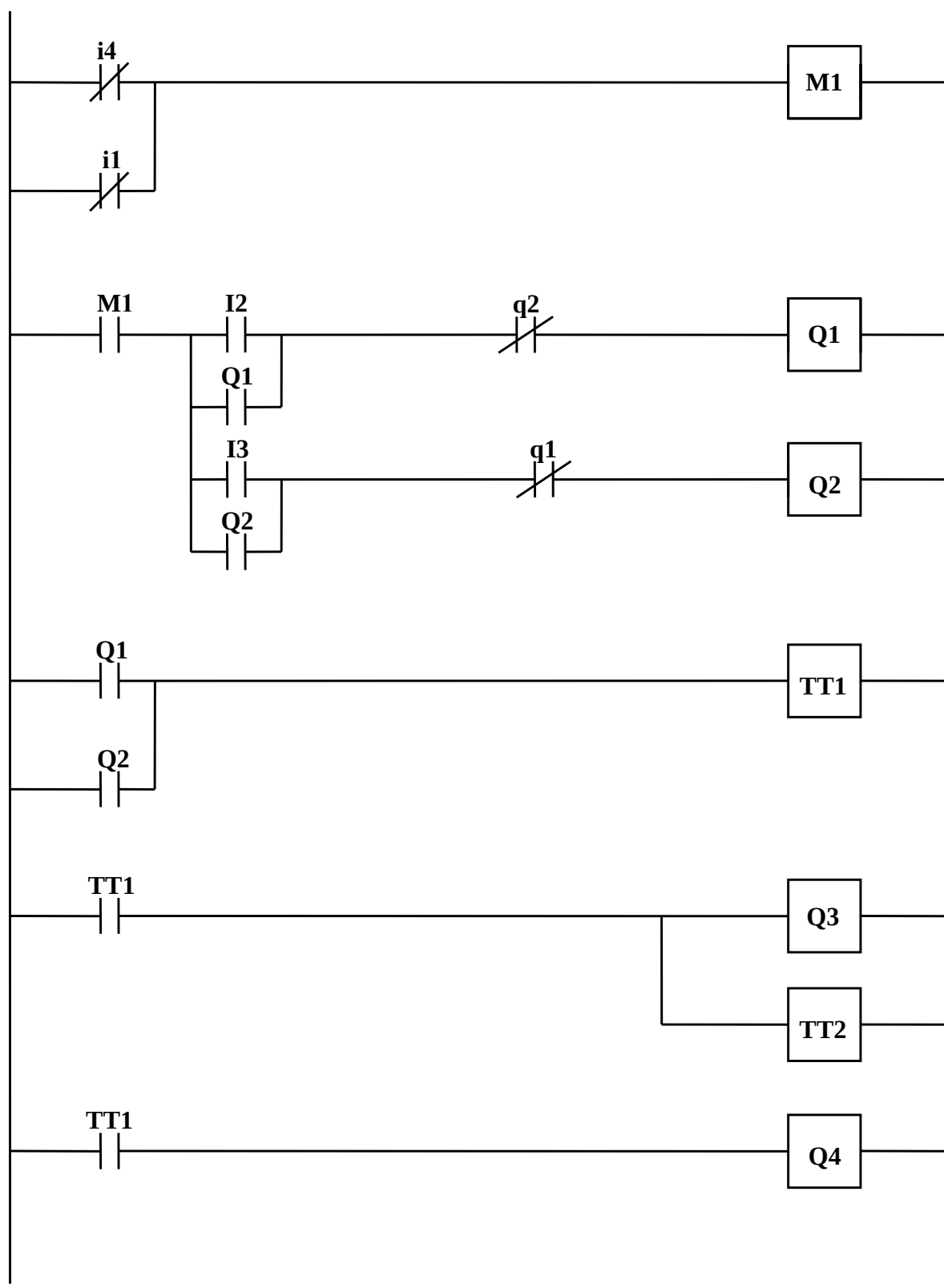
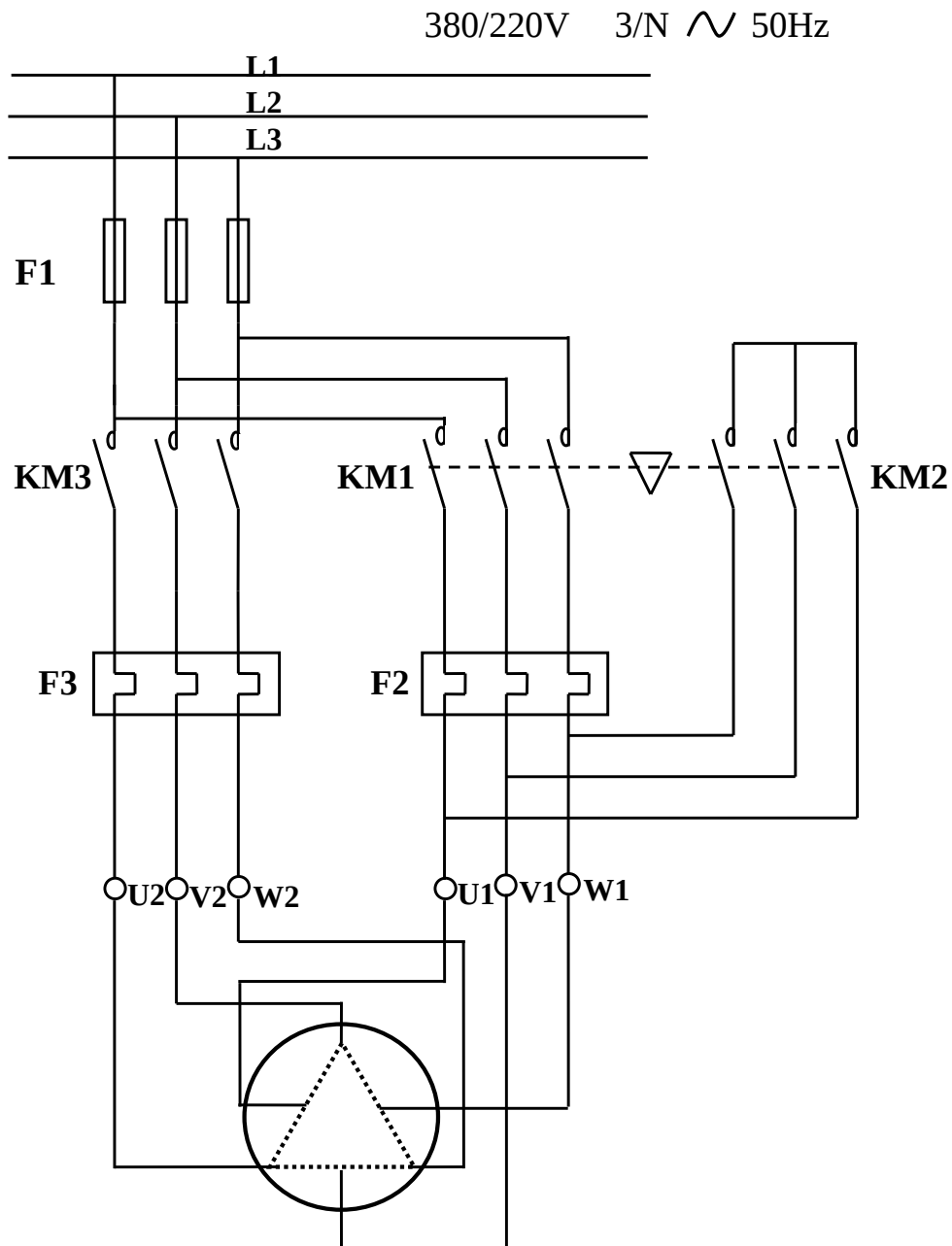


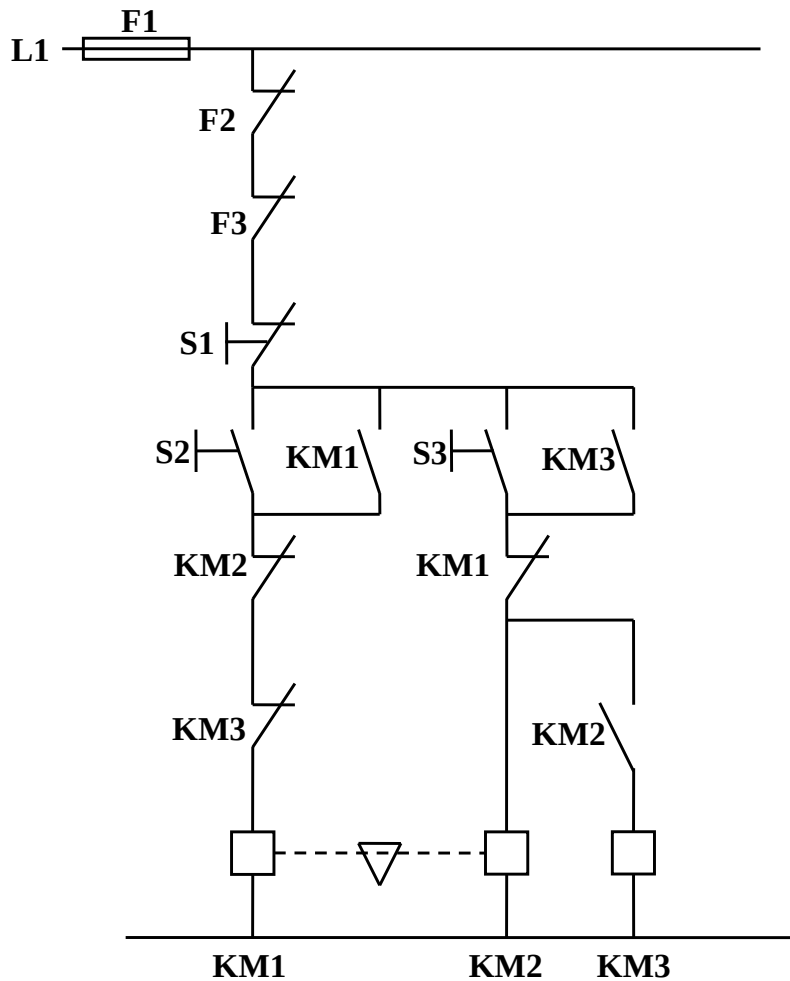
Figure IV. 6 Schéma à relais:

**4- EXEMPLE PRATIQUE 3:**

- Démarreur moteur à deux vitesses, à couplage de pôles Couple Constant-Dahlander.

**4-1- Circuit de puissance :**

**Figure IV. 7 Circuit de puissance:**

**4-2- Circuit de commande :****Figure IV. 8: Circuit de commande****4-3- Principe de fonctionnement:****4-3-1- Circuit de puissance:**

- Fermeture de KM1 (démarrage du moteur en PV);
- Fermeture de KM2 (couplage étoile des bornes PV du moteur);
- Fermeture de KM3 (court-circuitage total de la résistance);
- Fermeture de KM3 (démarrage du moteur en GV).

**4-3-2- Circuit de commande:**

- Impulsion sur S2, ce qui provoque ;
- Fermeture de KM1 ;
- Auto-alimentation de KM1 ;
- Verrouillage de KM2 et KM3 par KM1.

Ou

- Impulsion sur S3, ce qui provoque ;
- Fermeture de KM2 ;
- Verrouillage de KM1 par KM2 ;
- Fermeture de KM3 par KM2 ;
- Verrouillage de KM1 par KM3 ;
- Auto-alimentation de KM2 et KM3 par KM3 ;
- Impulsion sur S1 provoque l'arrêt du moteur.

**4-4- Liste des Entrées/Sorties:****4-4-1- Entrées digitales:**

- Bouton stop S1-----I1 ;
- Bouton start S2-----I2 ;
- Bouton start S3-----I3 ;
- Relais thermique F2-----I4 ;
- Relais thermique F3-----I5 ;

**4-4-2 Sorties digitales:**

- Relais de réseau PV, KM1-----Q1;
- Relais couplage étoile des bornes PV, KM2-----Q2;
- Relais de réseau GV, KM3-----Q3;

Pour les relais internes :

- Relais internes-----M1, M2, M3.

#### 4-5- Schéma à relais :

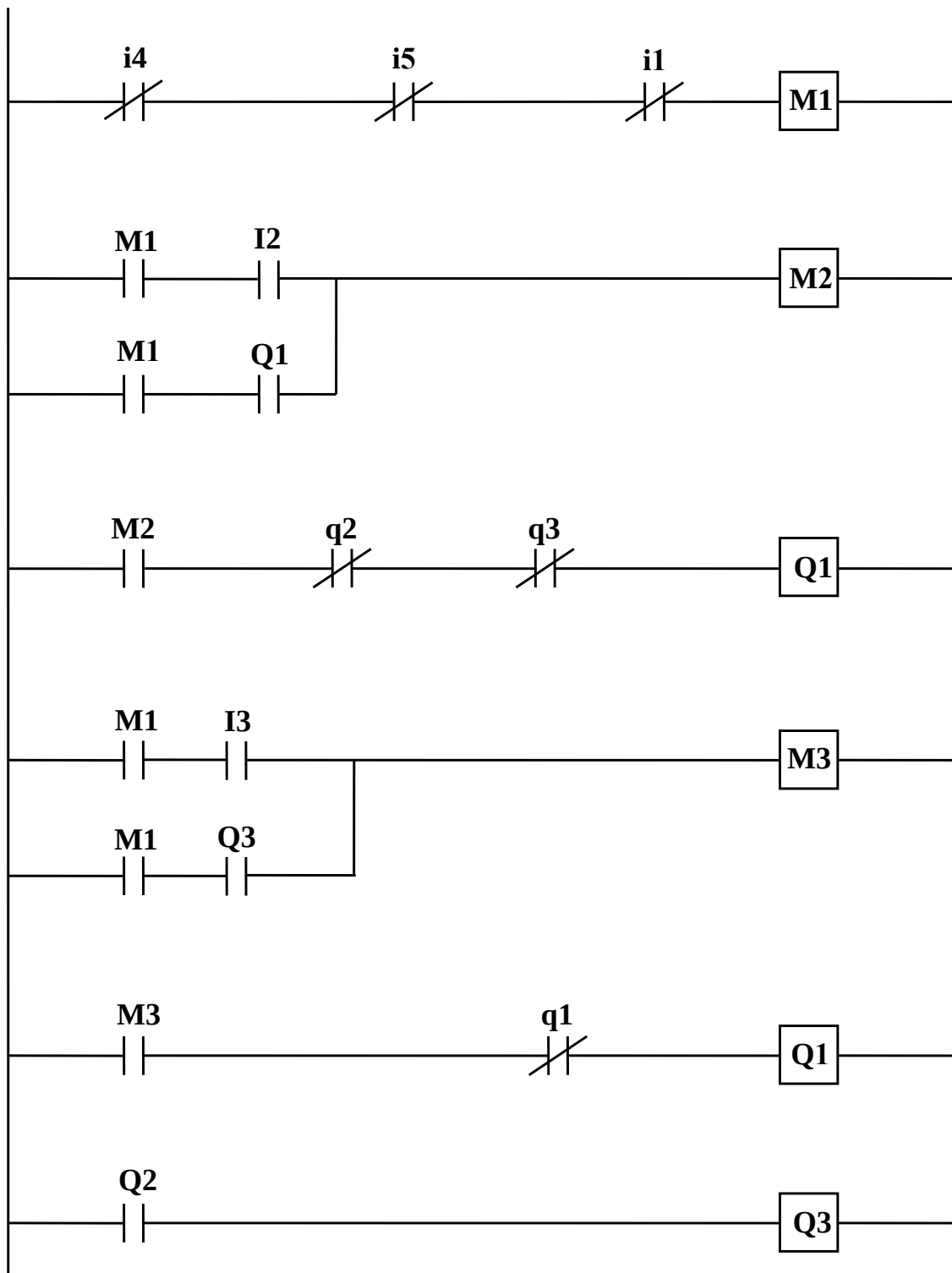
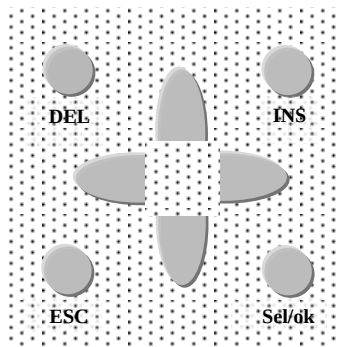


Figure IV. 9 Schéma à relais

## 5- CHARGEMENT DE PROGRAMME :

Il existe deux possibilités de programmer le module logique zelio:

- Soit directement sur le produit à l'aide des touches fonction de produit,



- Soit à l'aide du logiciel zelio-soft.

Pour charger le programme, on suit la méthodologie (ou les étapes) suivantes :

- A la première mise sous tension le module propose de sélectionner le choix de la langue. Pour sélectionner une langue, appuyer sur les touches de navigation (Z1, Z3), puis valider par la touche « sel/ok»;
- Après avoir appuyé sur la touche « sel/ok», l'écran de visualisation affiche la menu principale. Il comprend 9 options:

1. REGLER J/H mettre à jour la date et l'heure courante.
2. PROGRAM. Saisir le schéma faisant fonctionner le module.
3. PARAMET. Possibilité de modification de certains paramètres du programme.
4. VISU Afficher les informations sélectionnées en mode RUN.
5. RUN/STOP Mise en marche/arrêt du programme.
6. CONFIG. Permet l'accès aux options de configuration:
  - Mot de passe (autorise l'accès à certaines fonctions),
  - Langue (choix du langage),
  - Filtre (modification des vitesses de commutation des entrées),

- Touches (sélection des touches de navigation),
- Aide (validation de l'aide en ligne).

7. EFFAC.PROG Effacer la totalité du programme.
8. TRANSFER. Transférer le programme.
9. PROG.INFO. Description des instructions de programmation.

- Sélectionner le mode programmation dans le menu principal par les touches de navigation (Z1, Z3), puis appuyer sur la touche « sel/ok » ;
- Après l'apparition fugitive de «LINE1», un carré clignotant noir apparaît, appuyer sur la touche « sel/ok»;
- L'entrée I1 clignote, vous pouvez modifier le type de contact et le numéro de l'entrée à l'aide des touches de navigation (Z1, Z2, Z3, Z4), puis appuyer sur la touche « Sel/ok»;
- Pour saisir le prochain contact, vous déplacer à l'aide des touches de navigation (Z2, Z4) et procéder de la même façon;
- Positionner le curseur noir avec la touche de navigation (Z2) en fin de ligne (partie bobine); appuyer sur la touche « sel/ok»pour saisir la bobine. La bobine Q clignote; pour modifier si nécessaire le type et le numéro de sortie, utiliser les touches de navigation (Z1, Z2, Z3, Z4), puis valider par « sel/ok»;
- Appuyer une nouvelle fois sur « sel/ok»pour se positionner sur le choix de la sortie, puis valider, les connexions s'effectuent automatiquement.

**6- Conclusion :**

L'automate programmable industriel c'est une machine programmable par une personne non informaticien et son programme est simple et accessible à des non spécialiste.

## Conclusion générale

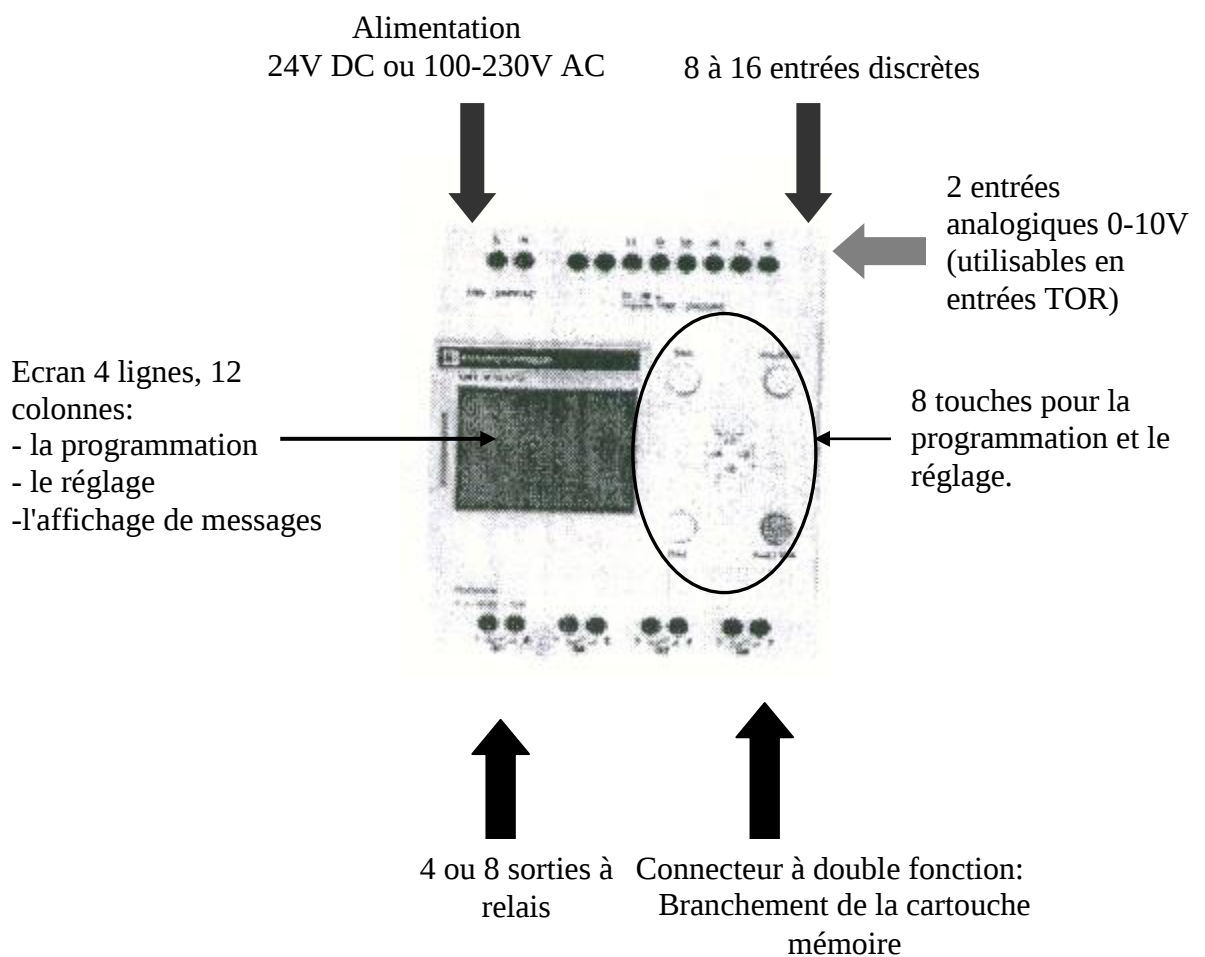
L'automate programmable industriel occupe une place spécifique parmi les outils de l'automaticien, entre les techniques câblées et les moyens informatiques. Il présente les avantages tels que:

- La simplification du câblage;
- Les modifications du programme facile à effectuer par rapport à une logique câblée;
- Les énormes possibilités d'exploitation;
- La fiabilité professionnelle.

## **ANNEXE:**

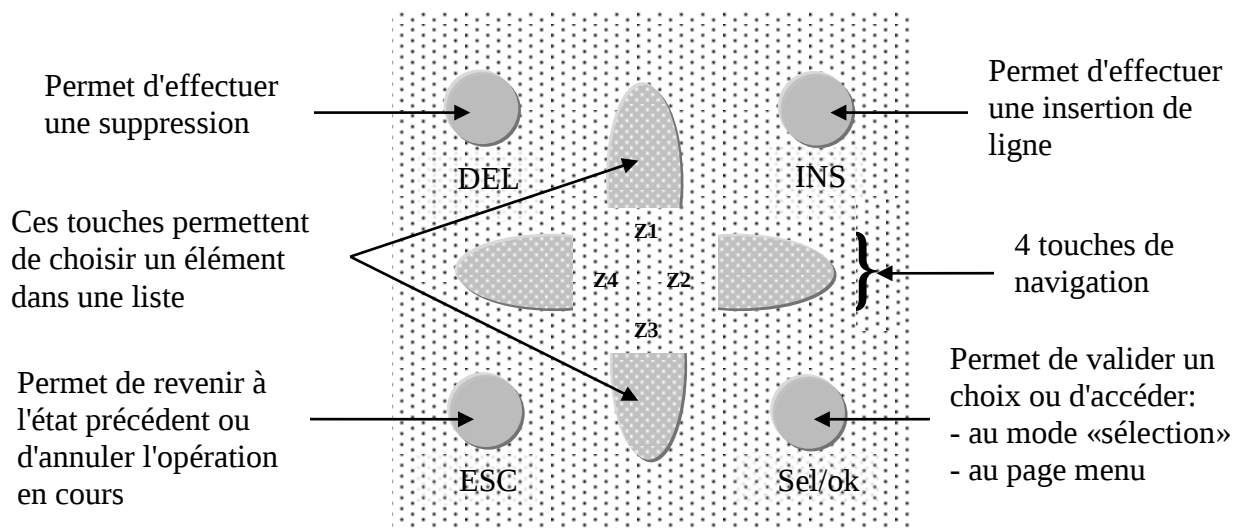
### **PRESENTATION DE L'OFFRE SCHNEIDER**

ZELIO est un module d'automatisme ou pico-automate programmable entièrement autonome intégrant:



## CARACTERISTIQUES PRODUITS

### Face avant: ergonomie et touches fonctions du module logique



### Taille du programme:

- 60 lignes de programme max. : produits 10 et 12 E/S
- 80 lignes de programme max. : produit 20 E/S
- 4 éléments maximum par ligne de programme

### Blocs fonctions disponibles:

- 8 temporisateurs avec différentes configurations
- 8 compteurs
- 8 comparateurs analogiques (pour les versions 24 VDC)
- 4 modules horodateurs

- 15 relais internes.

## Bibliographie

- [1]. HENRI NEY :  
Technologie et schéma d'électricité, NATHAN TECHNIQUE, 1980.
  
- [2]. F.CASTELLAZZI, Y.GANGLOFF, D.COGNIEL:  
MEMOTECH, Maintenance industrielle, CASTEILLA, 1998.
  
- [3]. Alain REILLER:  
Analyse et maintenance des automatismes industriels, ellipses, 1999.
  
- [4]. Télémécanique:  
SCHEMATIQUE ELECTROTECHNIQUE, 1986.
  
- [5]. G.MICHEL:  
Les A.P.I. Architecture et applications des automates programmables  
industriels, 1988.
  
- [6]. J.C.BOSSY, D.MERAT:  
AUTOMATISME APPLIQUE, 1985.
  
- [7]. M.AUMIAUX, G.RODDE:  
Automatiser la production, 1988
  
- [8]. R.BOURGEOIS, D.COGNIEL, B.LEHALLE:  
MEMOTECH, équipements et installations électriques, 2002.
  
- [9]. ENCARTA, 2005.
  
- [10]. HEINY et CAPLIEZ:

Applications de l'électricité et appareillage électrique, 1978.

[11]. D.BLIN, J.DANIC, R.LE GARREC, F.TROLEZ, J.C.SEITE:  
AUTOMATIQUE ET INFORMATIQUE INDUSRIEL, 1995.

[12]. Cours: module schémas et appareillage  
4<sup>eme</sup> année commande 2004.

---

## **ETUDE ET APPLICATION DES A.P.I (AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS**

### **Résumé :**

Dans ce travail, nous proposons l'étude et l'application des A.P.I. (automate programmable industriel dans les processus industriels), avec quelques exemples pratiques qui permis à exploiter l'automate 10 E/S, avec plusieurs applications ont été réalisées telles que :

- Le démarrage étoile/triangle,
- Le démarrage rotorique (deux sens de marche),
- Le démarrage à deux vitesses (Dahlander),